

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

БОДНАРЧУК ОКСАНА ВАСИЛІВНА

УДК 637.236 :637.136.5: 637.148:637:28:637:056: 579.243

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА БІОТЕХНОЛОГІЙ
БАКТЕРІАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ФЕРМЕНТОВАНИХ МОЛОЧНО-
ЖИРОВИХ ПРОДУКТІВ**

03.00.20 – біотехнологія

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України.

Науковий консультант: доктор технічних наук
Кігель Наталя Федорівна,
Інститут продовольчих ресурсів НААН України

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Тодосійчук Тетяна Сергіївна,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського» МОН України,
завідувач кафедри промислової біотехнології

доктор технічних наук, професор
Баль-Прилипко Лариса Вацлавівна,
Національний університет біоресурсів і
природокористування України МОН України,
декан факультету харчових технологій та
управління якістю продукції АПК

доктор технічних наук, професор
Поліщук Галина Євгенівна,
Національний університет
харчових технологій МОН України,
завідувач кафедри технології молока і молочних
продуктів

Захист дисертації відбудеться « 6 » грудня 2019 р. о 14 год 30 хв на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.002.28 при Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України (03056, Україна, м. Київ, пр. Перемоги, 37, корп. 4, ауд. 258).

З дисертацією можна ознайомитися у Науково-технічній бібліотеці ім. Г.І. Денисенка Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України (03056, Україна, м. Київ, пр. Перемоги, 37).

Автореферат розісланий « 5 » листопада 2019 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 26.002.28, д.т.н., доц.



Н.Б. Голуб

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Особлива роль ферментованих молочних продуктів обумовлена їх мікробіологічним та біохімічним складом, завдяки якому підвищується їх харчова цінність та стійкість до зберігання, отож у здоровому харчуванні вони не потребують додаткової аргументації.

Враховуючи досвід іноземних країн з розвинутою молочною промисловістю, доцільним є створення в Україні ферментованих молочно-жирових продуктів, оскільки асортимент вітчизняної маслоробної галузі представлений практично традиційним солодковершковим маслом та спредами. Частка кисловершкового масла (КВМ) є надзвичайно мала і вироблена лише іноземними виробниками.

Відродження виробництва кисловершкового масла та оновлення асортименту продукції маслоробства стримується відсутністю цільових бактеріальних культур, адаптованих до відповідних технологій та здатних до активного функціонування у не специфічній для них молочно-жировій сировині.

Враховуючи особливості технології кисловершкового масла методом збивання, заквашувальні культури орієнтовані на ферментування вершків за низьких температур дозрівання та забезпечення належного перебігу біохімічних перетворень. Натомість, придатність культур для виробництва кисловершкового масла методом перетворення високожирних вершків (ВЖВ), полягає у їх збагаченні різноманітними продуктами метаболізму (молочною кислотою, леткими органічними кислотами, ефірами, вільними амінокислотами), що є вирішальним у формуванні смакового «букету» продукту.

Значний внесок у розроблення теоретичних і практичних основ виробництва кисловершкового масла зробили вітчизняні та закордонні вчені: Д.В. Качераускіс (1968), В.М. Лаузакас (1977), А. Люткевічюс (1980), Е. Грінене (1978), Д. Христаускене (1978), А. Буткене (1980), В.Ф. Вишемирський (1995), О.Й. Цісарик (2015), R.S. Lindsay (1965), S. Mallia (2008) та ін., однак ферментування молочно-жирових систем, здатних забезпечити високу якість ферментованим продуктам маслоробства відповідно до сучасного науково-технічного рівня, досліджено вкрай недостатньо.

Технологічна реалізація даної ідеї вимагає розроблення наукових основ нового актуального і перспективного напрямку, спрямованого на вивчення способів біомодифікації жирових систем молочного та комбінованого складу, особливостей життєдіяльності та метаболічної активності в них заквашувальних культур. Очевидно, що ефективність культур залежатиме від вибору їх видового складу і функціонально-технологічних властивостей.

Тому розроблення на цих засадах нових біотехнологій бактеріальних препаратів та їх практичне застосування позитивно вплине на об'єми та ефективність виробництва молочно-жирових ферментованих продуктів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана в Інституті продовольчих ресурсів НААН (ІПР НААН) у межах 4 науково-дослідних бюджетних тем відділів маслоробства та біотехнології: “Дослідити формування структурно-механічних та смакових характеристик вершків під впливом закваскової мікрофлори у процесі маслоутворення”, номер державної реєстрації 0109U002600 (2009-2010 р.р.); “Розробити технологію

виробництва кисловершкового масла з ароматизацією на стадії формування структури продукту”, номер державної реєстрації 0111U002169 (2011-2013 р.р.); Розробити ресурсощадні технології виробництва молочно-рослинних жирових продуктів”, номер державної реєстрації 0111U001491 (2014-2015 р.р.); “Теоретичні основи формування властивостей молочно-жирових емульсій з фазовою структурою “жир у воді””, номер державної реєстрації 0116U002440 (2016-2020 р.р.).

Мета та задачі дослідження. *Метою роботи є розробка біотехнологій бактеріальних препаратів на основі молочно- та пропіоновокислих мікроорганізмів та встановлення особливостей їх застосування у виробництві ферментованих продуктів маслоробства.*

Для досягнення поставленої мети було визначено наступні **завдання**:

- здійснити скринінг штамів молочно- та пропіоновокислих бактерій за фізіолого-біохімічними та біотехнологічними ознаками, важливими для маслоробства та створити на їх основі перспективні заквашувальні композиції для ферментованих молочно-жирових продуктів різної технологічної специфіки;
- визначити метаболічну активність бактеріальних композицій мезофільних видів лактобактерій або їх комбінацій з термофільними видами у різних технологіях кисловершкового масла;
- розробити технології бактеріальних препаратів, визначити способи їх активізації та дози застосування у виробництві різних ферментованих продуктів маслоробства;
- визначити роль бакпрепарату у формуванні смако-ароматичних та структурно-механічних характеристик вершків у процесі біологічного дозрівання у технології кисловершкового масла методом збивання;
- дослідити вплив бакпрепаратів на процес ароматоутворення у кисловершковому маслі та спредах, вироблених методом перетворення високожирних вершків та жирових сумішей;
- встановити закономірності функціонування розроблених бакпрепаратів під час ферментування молочно-жирових емульсій різної жирності як основи біотехнології кисловершкових паст;
- визначити основні фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні характеристики ферментованих молочно-жирових продуктів в процесі виробництва і зберігання;
- розробити та затвердити нормативні документи на виробництво бакпрепаратів та ферментованих продуктів маслоробства з їх використанням; здійснити апробацію розроблених технологій у промислових умовах; визначити їх економічну ефективність.

Об'єкт дослідження – біотехнології бактеріальних препаратів на основі штамів молочно- і пропіоновокислих бактерій та ферментованих продуктів маслоробства.

Предмет дослідження – фізіолого-біохімічні властивості штамів молочно- та пропіоновокислих мікроорганізмів; біотехнологічні властивості заквашувальних композицій, заквасок і бактеріальних препаратів; параметри росту бактеріальних

препаратів; поживні та захисні середовища, замінники молочного жиру, стабілізатори структури, ферментовані продукти маслоробства.

Методи досліджень. Загальні біотехнологічні методи, мікробіологічні (для визначення стабільності мікробіологічних показників заквашувальних культур та продуктів), фізико-хімічні (для визначення технологічних характеристик сировини і продуктів), біохімічні (для визначення основних смако-ароматичних властивостей заквашувальних культур та продуктів), інструментальні (для визначення структурно-механічних показників продуктів) та математично-статистичні методи для оброблення результатів досліджень.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розробці науково-практичних положень для створення біотехнологій широкого асортименту ферментованих продуктів маслоробства, які базуються на особливостях процесів ферментації жирових систем (молочного та комбінованого складу) за використання різних за видовим складом і функціональною активністю бактеріальних препаратів.

Вперше:

- визначено основні критерії оцінки функціонально-технологічних властивостей заквашувальних композицій: кислотоутворювальна активність, стійкість до низьких трьохступінчастих температурних режимів дозрівання та біохімічна активність для ферментування різних молочно-жирових систем та забезпечення визначальних фізико-хімічних та органолептичних показників якості продуктів відповідно до виду та технологічних особливостей виробництва;

- визначено біотехнологічні режими нагромадження біомаси нових комплексних заквашувальних композицій «КВМ-С1», «КВМ-П» і «КВС-П» для ферментування молочно-жирових систем: співвідношення між компонентами композицій, температура і тривалість культивування, склад захисного середовища, умови консервування та зберігання, які забезпечують стабільність складу і функцій готових бакпрепаратів;

- встановлено закономірності процесів ферментування жирових систем (вершків, молочного жиру та його комбінування з немолочним) у залежності від якісного та кількісного складу бактеріальних препаратів;

- встановлено та обґрунтовано для виробництва КВМ методом збивання диференційовані температурні режими дозрівання вершків з урахуванням сезонної специфіки хімічного складу молочного жиру: для сировини весняно-літнього періоду року за значень йодних чисел 34,5-40,1 – 21°C (6 год) – 13°C (4 год) – 8°C (8-14 год), а в осінньо-зимовий період за значень йодних чисел 29,1-34,5 – 8°C (2 год) – 21°C (7 год) – 13°C (10-14 год); їх застосування забезпечує кристалізацію молочного жиру та створює оптимальні умови для життєдіяльності заквашувальної лактофлори;

- виявлено взаємозв'язок фізико-хімічних і смако-ароматичних властивостей дозрілих вершків та кисловершкового масла за ступінчастими режимами дозрівання від інтенсивності сквашування вершків бактеріальним препаратом «КВМ-С1»; встановлено, що високі показники якості готового продукту досягаються за умови дозрівання вершків до кислотності 60 °Т;

– доведено, що основним фактором регулювання ароматоутворення та якості кисловершкового масла, виготовленого методом збивання, є кислотність сквашених вершків. Процес ароматоутворення у виробництві кисловершкового масла та кисловершкових спредів методом перетворення високожирних вершків та жирової суміші можна регулювати дозою та кислотністю закваски;

– доведено, що збагачення кисловершкового масла та кисловершкових спредів заквасками на стадії формування структури продукту, вироблених методом перетворення відповідно ВЖВ і жирової суміші, інтенсифікує технологічний процес виробництва, забезпечує рівномірне розподілення закваски в продукті, підвищує якість цільових продуктів.

Отримали подальший розвиток дані щодо:

– наукового обґрунтування критеріїв селекції мікроорганізмів для ферментування молочно-жирових систем, здатних забезпечити високу якість ферментованих продуктів маслоробства;

– динаміки розвитку і функціонування різних за видовим складом бактеріальних препаратів у неспецифічній молочно-жировій сировині.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено біотехнології 3-х полівидових бактеріальних препаратів прямого внесення для ферментованих продуктів маслоробства з гарантованою чисельністю клітин не менше $7,4 \cdot 10^{10}$ КУО/г: «КВМ-С1» – для виробництва кисловершкового масла методом збивання, «КВМ-П» – для кисловершкового масла методом перетворення ВЖВ, «КВС-П» – для кисловершкових спредів методом перетворення жирової суміші.

Поповнено колекцію промислових мікроорганізмів ІПР НААН 12-ма перспективними для маслоробства штамами молочно- та пропіоновокислих бактерій, з яких: 5 штамів *L. diacetylactis*, 1 штам *L. cremoris*, 2 штами *L. lactis*, 1 штам *S. thermophilus*, 1 штам *Lb. bulgaricus*, 1 штам *Lb. casei*, 1 штам *P. freudenreichii*. Всі штами задепоновано у Національній колекції промислових мікроорганізмів Інституту мікробіології та вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України (ІМВ НАНУ). Оригінальність бактеріальних композицій, та новизну технологічних рішень щодо їх використання у виробництві кисловершкового масла та спредів, підтверджено 2-ма патентами на винахід, 2-ма патентами на корисну модель. За результатами дисертаційної роботи розроблено 2 пакети нормативних документів: ТУ У 15.5-00419880-104:2010 «Культури заквашувальні для кисловершкового масла», технологічні інструкції на виробництво кисловершкового масла до ДСТУ 4399:2005 та на виробництво спредів до ДСТУ 4445:2005, ТУ У 10.5-00419880-142:2018 «Паста кисловершкова. Технічні умови», ТІ.

Розроблені технології бакпрепаратів було апробовано у промислових умовах на Державному дослідному підприємстві ІПР НААН, а технології ферментованих продуктів маслоробства з їх використанням – на маслоробних підприємствах України: ПАТ «Житомирський маслозавод» (Житомирська обл.); ТОВ «Самбірський молокозавод» (Львівська обл.); ТЗОВ «Львівагропродукт» (Львівська обл.).

Соціальна значимість розроблених біотехнологій полягає в розширенні асортименту ферментованих продуктів маслоробства з високими органолептичними показниками та біологічною цінністю.

Особистий внесок здобувача полягає в теоретичному аналізі проблеми, визначенні актуального напрямку досліджень, організації та виконанні експериментальних досліджень, обробці та узагальненні отриманих даних, описі результатів досліджень, підготовці матеріалів до публікацій, розробленні патентів.

Аналіз та обговорення результатів досліджень, формулювання висновків проведено спільно з науковим консультантом – д.т.н. Кігель Н.Ф. Окремі фрагменти роботи виконано у співавторстві зі співробітниками ІПР НААН: к.б.н. Рожанською О.М. (селекційна робота), д.т.н. Даниленко С.Г. (апробація бактеріальних препаратів у промисловому виробництві), к.б.н. Жуковою Я.Ф. (біохімічні дослідження), к.т.н. Майбородою Ю.В. (впровадження технологій ферментованих продуктів маслоробства у промислове виробництво).

Особистий внесок здобувача підтверджується представленими документами й науковими публікаціями.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертаційної роботи доповідали на VI Всеукраїнській науково-практичній конференції «Біотехнологія ХХІ століття» (2012 р., м. Київ), Міжнародній науковій конференції «Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості» (2014 р., м. Київ), 81 Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті» (2015 р., м. Київ), X Всеукраїнській науково-практичній конференції «Біотехнологія ХХІ століття» (2016 р., м. Київ), Міжнародній науково-технічній конференції «Хімія та сучасні технології» (2017 р., м. Київ), VII Міжнародній спеціалізованій науково-практичній конференції "Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва та пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності" (2018 р., м. Київ).

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 39 наукових праць, у тому числі 23 статті у наукових фахових виданнях (з них 15 статей у вітчизняних журналах, які представлено у міжнародних виданнях наукометричних баз даних, 3 статті у наукових виданнях інших країн, серед яких 2 статті у *Scopus* та *Web of Science*), 2 патенти на винахід, 2 патенти на корисну модель, 2 статті в інших наукових виданнях, 1 навчальний посібник з грифом наданим Міністерством аграрної політики та продовольства України, 9 тез доповідей в збірниках конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі змісту, вступу, огляду літератури, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел (330 найменувань) і 7 додатків на 50 сторінках. Робота містить 326 сторінок основного тексту, 89 рисунків та 71 таблицю.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми роботи, сформульовано наукову проблему і завдання досліджень, наукову новизну, практичне значення і основні положення, які захищаються здобувачем.

У першому розділі «Огляд літератури» наведено аналітичний огляд науково-технічної літератури та патентної інформації щодо біомодифікації молочно-жирових систем, складу мікробіоти та технологічних особливостей виробництва ферментованих продуктів маслоробства, формування показників

їхньої якості під дією бактеріальних препаратів на основі молочно- та пропіоновокислих бактерій, визначено основні біотехнологічні показники виготовлення бактеріальних препаратів.

Використані літературні дані відносно сучасного асортименту і управління якістю масложирових продуктів та технологічного потенціалу маслоробної галузі дозволили визначити наукову концепцію, яка полягає у створенні біотехнологічних підходів до розробки нових ферментованих продуктів маслоробства з використанням бактеріальних препаратів на основі означених груп бактерій з вираженою кислото- та ароматоутворювальною активністю. На базі запропонованої концепції доведено, що успішність розробки ферментованих продуктів маслоробства, їхня якість і конкурентоздатність, попит і популярність на ринку цілком залежать від адекватності створених бактеріальних препаратів у використаній сировині та способів її біотехнологічного перетворення, тобто від того, наскільки науково обґрунтованою виявиться взаємодія двох визначальних факторів виробництва цих продуктів: мікробіологічного і технологічного. Перший забезпечує високі органолептичні характеристики продукту, його здатність до зберігання, тоді як другий (використана сировина, кількість і способи підготування закваски, тривалість окремих етапів) регулює активність і направленість метаболічних процесів.

Відповідно до основних положень концепції визначено конкретні завдання досліджень.

У другому розділі «Організація експериментальних досліджень» наведено характеристики об'єктів і методів досліджень, якими користувалися при виконанні роботи. Виділення та відбір культур здійснювали за рекомендаціями (Баннікова Л.А., 1975; Кваснікова Є.І., 1975). Ідентифікацію мікроорганізмів виконували за «Определителем бактерий Берджи», 1997. Аналіз мікропрепаратів чистих культур здійснювали із застосуванням світлового мікроскопу Motic (Fisher Bioblock) із вмонтованою відеокамерою TopView (програма Motic Images 2000). Рівень нагромадження діацетилу, ефірів, летких органічних кислот у заквашувальних культурах і продуктах – після дистиляції водяною парою; активність β -галактозидази визначали за реакцією зі специфічним субстратом – о-нітрофеніл- β -D-галактопіранозидом (Некман, 1992). Розрахунок параметрів росту бактерій у періодичній культурі проводили за формулами (Пирог Т.П., 2004). Для аналізування вуглеводного складу ферментованого поживного середовища застосовували метод високоефективної рідинної хроматографії на хроматографі LC-5 («Shimadzu»); вміст летких органічних кислот у продуктах – за методом газорідинної хроматографії на приладі «Купол-55»; характеристику кількісного та якісного складу вільних амінокислот продукту – на аналізаторі LC-2000 (Біотронік). Структурно-механічні характеристики готових продуктів (напруження зрізу, робота різання, еластичність, penetрація) визначали на універсальній механічній тест-машині «SANS» серії CMT за допомогою спеціальних насадок: Уорнера-Бретцера, користуючись відповідними методичними вказівками. Ефективну в'язкість заквашувальних культур і молочно-жирових емульсій визначали на ротаційному віскозиметрі «Rheotest II» згідно інструкції. Визначення

мікробіологічних та органолептичних показників ферментованих молочно-жирових продуктів проведено відповідно до чинної нормативної документації.

Статистичну обробку даних проводили за методами варіаційної статистики з використанням пакету комп'ютерної програми «Statistica 7,0». Повторність дослідів – три-п'яти разова. Графічну обробку результатів здійснено за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel 2010, Mathsoft Mathcard Enterprise Edition V11.A.

У третьому розділі «Створення заквашувальних композицій молочно- та пропіоновокислих бактерій для ферментованих молочно-жирових продуктів різної технологічної специфіки» наведено результати досліджень щодо цілеспрямованого відбору лакто- та пропіоновокислих бактерій.

До розробки цільових продуктів застосовували принципово різні стратегії: у виробництві кисловершкового масла методом збивання і кисловершкових паст здійснювали ферментування сировини для її біохімічної трансформації, а для одержання кисловершкового масла методом перетворення високожирних вершків, кисловершкових спредів і паст з м.ч. жиру 30-40 % проводили збагачення сировини смако-ароматичними речовинами за рахунок внесення закваски на стадії формування структури.

При виробництві КВМ за класичною технологією методом збивання для завершення фазових перетворень молочного жиру, досягнення необхідного рівня кристалізації та забезпечення якісної консистенції (відповідно до йодних чисел) підібрано диференційовані температурні режими підготування вершків до збивання з урахуванням сезонної специфіки хімічного складу молочного жиру. Так звана «літня» технологія для сировини весняно-літнього періоду року передбачає трьохступінчасте дозрівання вершків за температурного режиму 21°C (6 год) – 13°C (4 год) – 8°C (8-14 год), а зимова – в осінньо-зимовий період – за 8°C (2 год) – 21°C (7 год) – 13°C (10-14 год).

Саме це й обумовило включення до заквашувальних композицій (ЗК) штамів молочнокислих бактерій або у поєднанні з пропіоновокислими бактеріями, здатних підтримувати свою життєдіяльність і біохімічну активність у незвичних для них середовищах (високий уміст ліпідів, брак вуглеводів, білків, мінеральних речовин тощо) і за значно нижчої за оптимальну температуру також нагромаджувати смако-ароматичні сполуки у кількостях, достатніх для перетворення молочно-жирової сировини у якісні продукти.

Пошук перспективних штамів, що відповідають цим вимогам, здійснювали за сукупністю фізіолого-біохімічних та технологічних показників у молоці, які водночас є важливими для ферментування різних жирових систем молочного та комбінованого складу: урожайність, гранична кислотність, фагостійкість, тривалість утворення молочного згустку, ефективна в'язкість, антагоністична та ліполітична активності. Обов'язковою вимогою були висока енергія кислотоутворення та здатність до продукування смако-ароматичних речовин. Для КВМ методом збивання необхідним було врахування стійкості культур до низьких температур для запобігання зниження їх ферментативної активності і втрати специфічних властивостей під час дозрівання вершків.

На підставі аналізу 158 культур молочно- та пропіоновокислих бактерій, вилучених із зразків самоквасних молочних продуктів і некомерційного масла, відібрано 12 штамів. З урахуванням їх кислото- та ароматоутворювальної активності створено заквашувальні композиції, а за біохімічними дослідженнями доведено, що нагромадження ними продуктів метаболізму залежить як від видового складу, так і від співвідношення між компонентами.

Видовий склад відібраних заквашувальних композицій представлено в табл. 1. Зокрема, для класичної технології КВМ із усіх дослідних композицій мезофільних лактококів відібрано композицію №1, в якій *L. lactis* виконує функцію кислотоутворювача, *L. diacetilactis* відповідальний за синтез ароматичних сполук, *L. cremoris* доповнює вершковий смаковий букет продукту.

Таблиця 1

Заквашувальні композиції для ферментованих продуктів маслоробства

№ п/п	ЗК	Ферментовані продукти маслоробства	Видовий склад заквашувальної композиції	Співвідношення між штамми
1	«КВМ-С1»	Кисловершкове масло методом збивання	<i>L. lactis</i> B-7325 <i>L. cremoris</i> B-7328 <i>L. diacetilactis</i> B-7329	1,3:0,7:1
2	«КВМ-П»	Кисловершкове масло методом перетворення ВЖВ	<i>L. diacetilactis</i> B-7451 <i>L. diacetilactis</i> B-7452 <i>S. thermophilus</i> B-7450 <i>Lb. bulgaricus</i> B-7453	1,5:1,5:0,5:1,5
3	«КВС-П»	Кисловершковий спред методом перетворення ВЖС	<i>L. diacetilactis</i> B-7822 <i>L. diacetilactis</i> B-7823 <i>L. lactis</i> B-7826 <i>L. casei</i> B-7825 <i>L. bulgaricus</i> B-7453 <i>Pr. freudenreichii</i> B-7826	1:1:1:1:1
4	№1-3	Кисловершкові пасти		

Для виробництва КВМ методом перетворення ВЖВ, для забезпечення необхідної кислотності плазми масла одразу при внесенні у масляне зерно на стадії обробки, до складу ЗК №2, крім основних продуцентів ароматичних компонентів *L. diacetilactis*, залучено енергійні кислотоутворювачі *S. thermophilus* і *L. bulgaricus*.

Для кисловершкових спредів, технологією яких передбачено використання немолочних жирів невираженого пустого смаку, для імітації характеристик натурального масла у готовому продукті, склад композиції №3 підсилено лактобацилами *L. casei*, *L. bulgaricus* та пропіоновокислими бактеріями виду *Propionibacterium* ssp. *freudenreichii*, продукти метаболізму яких здатні збагатити смак продукту.

Результати мікробіологічних та біохімічних досліджень (табл. 2) свідчать, що вказані композиції у відібраних співвідношеннях характеризуються високою кислотоутворювальною активністю та забезпечують синтез основних смако-

ароматичних сполук (діацетилу та летких органічних кислот) у кількостях, достатніх для перетворення молочно-жирової сировини у якісні продукти.

Таблиця 2

Характеристика заквашувальних композицій для ферментованих продуктів маслоробства

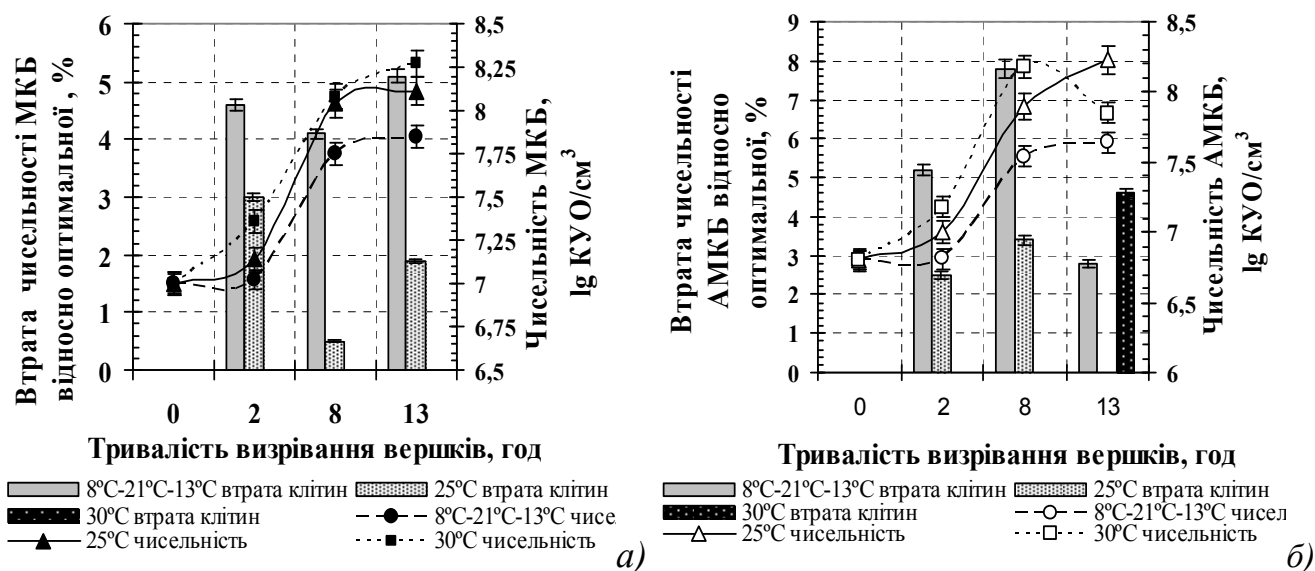
ЗК	Чисельність, КУО/см ³			Титрована кислотність, °Т	Вміст діацетилу мг/100г	Вміст летких орг. кислот мкгекв/100 г	Ефективна в'язкість за температури 15 °С, Па·с
	молочно-кислі бактерії	ароматоутворювальні молочно-кислі бактерії	пропіоновокислі бактерії				
№1*	$(5,8 \pm 2,0) \cdot 10^8$	$(4,0 \pm 1,4) \cdot 10^8$	—	35 ± 1	0,52 ± 0,02	383 ± 10	1,81 ± 0,09
№2	$(5,6 \pm 1,1) \cdot 10^8$	$(2,2 \pm 1,0) \cdot 10^8$	—	98 ± 2	0,32 ± 0,01	260 ± 10	1,81 ± 0,09
№3	$(1,0 \pm 1,3) \cdot 10^9$	$(4,0 \pm 1,0) \cdot 10^8$	$(4,0 \pm 1,0) \cdot 10^8$	113 ± 2	0,42 ± 0,02	375 ± 7	1,65 ± 0,07

*ЗК №1 – у вершках після трьохступінчастого дозрівання впродовж 20 год;

ЗК №2 та №3 у сквашеному молоці після 12 год зберігання

Придатність до використання обраних композицій підтверджено також дегустуванням виготовлених дослідних зразків цільових продуктів.

За показниками ростової активності заквашувальної композиції у вершках, що дозрівала за зимовим режимом (2 год витримки за 8 °С – 6 год за 21 °С – 7 год за 13 °С порівняно з ростом монокультур за оптимальної температури, підтверджено високі адаптивні властивості ЗК №1 до специфічних режимів дозрівання вершків і можливість її використання у класичній технології методом збивання. За цих умов загальна чисельність лактобактерій знижувалася лише на 8,0 % (рис. 1).



Вдалість поєднання штамів мезофільних лактококів у складі композиції №1 доведено за рівнем утворення молочної кислоти у молоці та вершках за жорстких

температурних умов літнього режиму дозрівання: 21°C (6 год) – 13°C (4 год) – 8°C (8-14 год).

Досліджено можливості застосування заквашувальних композицій різного складу у різних технологіях кисловершкового масла та їх вплив на формування смако-ароматичних речовин під час виробництва та зберігання продуктів (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив заквашувальних композицій різного бактеріального складу на формування смако-ароматичних речовин кисловершкового масла, виробленого за різними технологіями

Показники	Кисловершкове масло, вироблене				
	методом збивання сквашених вершків		методом перетворення ВЖВ		Солодко-вершкове масло
	№1	№2	№3	№4	
	КВМ-С1	КВМ-П	КВМ-С1	КВМ-П	
Кислотність плазми, °Т	48,0±0,5	42,0±0,5	38,0±0,5	45,0±0,5	18,0±0,5
Діацетил, мг/100 г	0,22±0,01	0,18±0,01	0,17±0,01	0,19±0,01	0,11±0,01
Леткі орг. кислоти, мг/кг	26,12±0,5	22,28±0,7	20,50±0,6	24,65±0,9	18,46±0,5
δ-лактони (C ₈ +C ₁₀ +C ₁₂), мг/кг	3,03±0,07	2,38±0,06	1,94±0,02	2,34±0,07	1,33±0,05
γ-лактони (C ₁₀ +C ₁₂), мг/кг	0,35±0,003	0,79±0,003	0,29±0,004	0,52±0,003	0,25±0,005
Октен-3-ол, мг/кг	0,11±0,002	0,10±0,001	0,11±0,001	0,15±0,002	0,07±0,001
Пропанол-1, мкг/кг	0,12±0,001	0,08±0,001	0,06±0,001	0,06±0,001	0,05±0,001
Октанол-2, мкг/кг	58,02±1,8	51,32±1,7	49,22±1,9	52,10±2,0	28,32±1,7

Для цього продукти виробляли методом збивання вершків з використанням заквашувальних композицій №1 та №2 у кількості 2,5 % (зразки №1,2) та методом перетворення ВЖВ з використанням 3,5 % відповідних композицій (зразки №3,4). Приріст загальної чисельності лактобактерій мезофільної закваски після 10 год дозрівання вершків був на 13 % більшим у порівнянні з закваскою №2, до складу якої залучено термофільні лактобактерії.

Готові продукти, отримані сквашуванням вершків, характеризувалися кислотністю 48-42 °Т, тоді як введення закваски на стадії формування структури масла дозволило виробити продукти з кислотністю 38-45 °Т. Різниця в інтенсивності кислотоутворення обумовлена як особливостями розвитку заквашувальної мікробіоти, її фізіолого-біохімічними властивостями, так і специфікою технологічних режимів. У разі введення мезофільної закваски у пласт спостерігали найменшу кількість ароматичних речовин.

За ступенем прояву інтенсивності кисломолочного смаку, кислотності плазми та вмістом смако-ароматичних речовин ЗК №3, що містить термофільні кислотоутворювачі, є ефективнішою для ароматизації КВМ, виробленого методом перетворення ВЖВ. Натомість композиція з мезофільною мікрофлорою №1 адаптована до температурних умов дозрівання вершків і є придатнішою для виробництва масла методом збивання, оскільки забезпечує вираженість

кисломолочного смаку завдяки високому вмісту органічних кислот, діацетилу, δ-лактонів, γ-лактонів, спирту 2-октанолу.

Очевидно, що різні технології по-різному впливають на перебіг метаболічних процесів заквашувальної мікробіоти. Так, нижчий рівень нагромадження ароматичних компонентів ЗК №2 обумовлений стриманішим розвитком її термофільних складових внаслідок температурних умов, передбачених для дозрівання вершків. Високі коефіцієнти кореляції між кислотністю плазми, леткими органічними кислотами, лактонами ($r=0,98-0,79$) підтверджують взаємозв'язок між розвитком лактобіоти закваски та її впливом на процес ароматоутворення.

Створені композиції проявляли вищу антагоністичну активність, ніж окремі штами, відносно тест-культур: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermis*, *Proteus morganii*. При цьому найактивніше інгібували кишкову паличку та золотистий стафілокок (зона затримки росту 20-22 мм).

Підсумком даного етапу роботи є поповнення колекції промислових мікроорганізмів ІПР 12 штамами, здатними до ферментування різних молочно-жирових основ і є надійним джерелом ротаційних штамів. Штами не проявляють ліполітичної активності, що унеможливило подальше гідролітичне розщеплення молочного жиру, яке веде до прогіркання продуктів.

Створені заквашувальні композиції №1, №2 і №3 взято за основу для розробки біотехнологій бактеріальних препаратів, відповідно, КВМ-С1, КВМ-П та КВС-П для ферментованих продуктів маслоробства: кисловершкового масла, кисловершкових спредів і паст.

У четвертому розділі «Розробка біотехнологій бактеріальних препаратів для ферментованих продуктів маслоробства» визначено способи підготування інокуляту для забезпечення його якості, підібрано склад поживних середовищ для нагромадження біомаси та параметри культивування, які дозволять зберегти необхідне співвідношення між штамами в сухому бакпрепараті, що є одним із чинників регуляції росту та узгодженості метаболічних процесів. Також встановлено умови консервування біомаси, що забезпечують високі показники реактивації та розчинності бактеріального препарату.

Зокрема, для стимулювання біохімічної активності ароматоутворювальних лактококів ЗК №2 «КВМ-П» для підготування інокуляту молоко збагачували 1% лимоннокислим натрієм, що дозволило підвищити ростову активність клітин, збільшити синтез діацетилу у 1,1-1,2 рази, летких органічних кислот у 1,5-1,8 рази порівняно з контролем (рис. 2). Коефіцієнти кореляції ($r=0,92-0,97$) свідчать про доволі тісні кореляційні зв'язки між кількістю солі та ростовою і біохімічною активністю інокуляту *L. diacetylactis*.

Поєднання у композиціях №2 «КВМ-П» та №3 «КВС-П» мезо- та термофільних видів лактобактерій з різними температурними оптимумами розвитку вимагало опрацювання температурного режиму культивування для забезпечення встановленого співвідношення між складниками у готових бакпрепаратах.

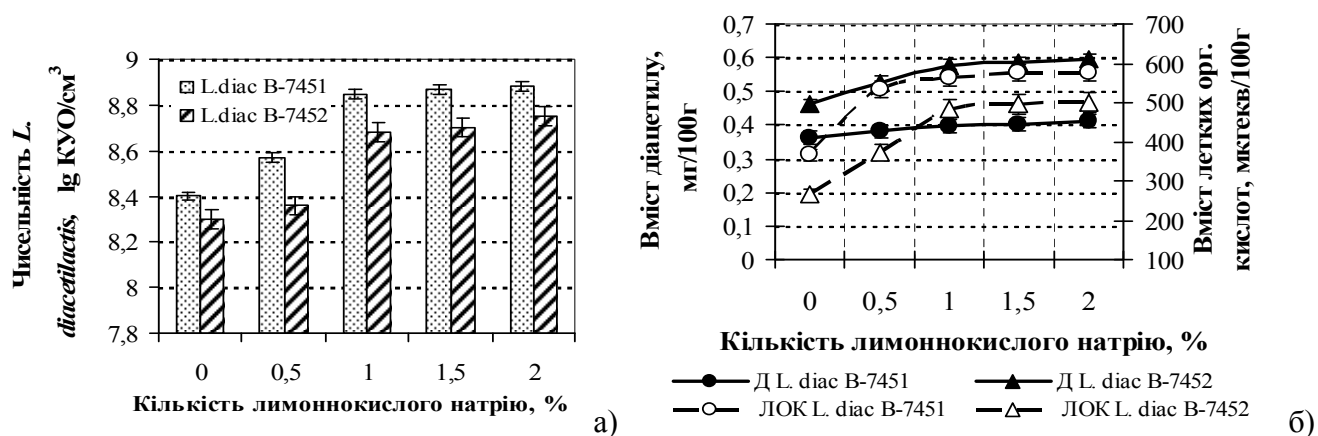


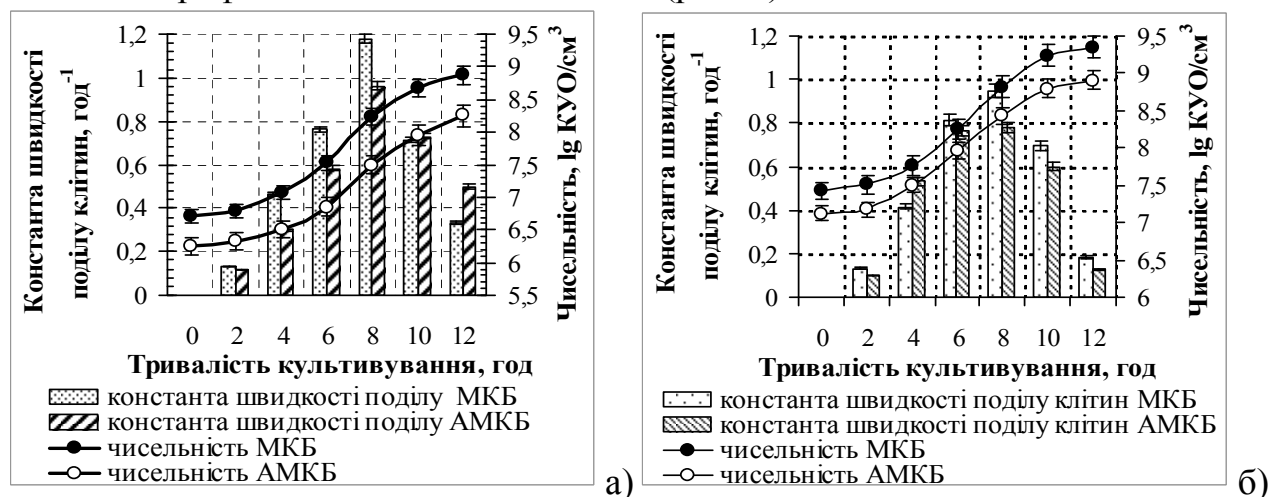
Рис. 2. Вплив лимоннокислого натрію на ростову та біохімічну активність *L. diacetylactis* B-7451 та B-7452 з ЗК №2:

а) чисельність; б) рівень смако-ароматичних речовин

Поєднання у композиціях №2 «КВМ-П» та №3 «КВС-П» мезо- та термофільних видів лактобактерій з різними температурними оптимумами розвитку вимагало опрацювання температурного режиму культивування для забезпечення встановленого співвідношення між складниками у готових бакпрепаратах.

Доведено, що для розроблювальних технологій полівидових бакпрепаратів одночасне внесення до поживного середовища із посівним матеріалом усіх складників бактеріальних композицій та спільне їх наросування має значні переваги перед роздільним нагромадженням біомаси мезофільних і термофільних культур і наступного їх змішування. Це спрощує технологічний процес одержання біомаси. При цьому за спільного культивування зростала врожайність усіх складників бакпрепарату завдяки взаємного стимулювання, і, як наслідок, досягався необхідний рівень кислотності та смако-ароматичних речовин при сквашуванні. Це підтверджує сумісність та взаємне стимулювання штамів у бактеріальних препаратах.

Встановлено, що спільне культивування усіх складників полівидових композицій за температури (33-34) °С забезпечує їх узгоджений розвиток і необхідний профіль біохімічної активності (рис. 3).



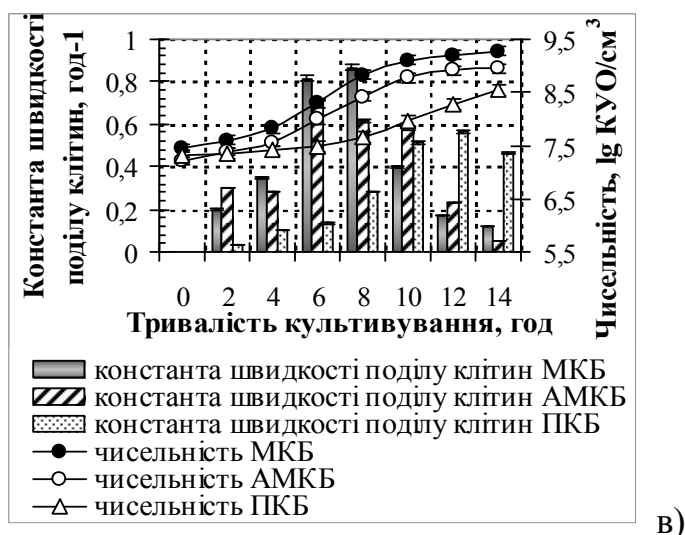


Рис. 3. Динаміка розвитку композицій під час культивування у поживному середовищі у промислових умовах:

а) ЗК №1 «КВМ-С1»; б) ЗК №2 «КВМ-П»; в) ЗК №3 «КВС-П»

Тривалість нарощування біомаси 3-х бакпрепаратів – 12-14 год.

Дослідженнями основних параметрів росту заквашувальних композицій у стаціонарній фазі росту, встановлено, що вихід біомаси коливався від 6,4 до 7,0 мг/см³. Складники росли зі швидкістю поділу клітин у log-фазі 0,84-1,18 год⁻¹ для загальної чисельності МКБ та 0,72-0,96 год⁻¹ для *L. diacetilactis* (табл. 4).

Таблиця 4 – Основні параметри росту заквашувальних композицій за культивування з періодичною нейтралізацією середовища

Заквашувальні композиції (ЗК)	Компоненти ЗК	Урожайність X , КУО/см ³	Константа швидкості поділу клітин ν_{\max} , год ⁻¹	Константа швидкості поділу клітин ν , год ⁻¹	Тривалість латентної lag-фази T_b , год	Термін генерації g , год
КВС-С1	МКБ	$(7,3 \pm 0,2) \cdot 10^8$	$1,18 \pm 0,02$	$0,60 \pm 0,02$	$2,68 \pm 0,05$	$1,67 \pm 0,05$
	АМКБ	$(1,9 \pm 0,1) \cdot 10^8$	$0,96 \pm 0,02$	$0,54 \pm 0,01$	$3,14 \pm 0,07$	$1,85 \pm 0,05$
КВМ-П	МКБ	$(3,0 \pm 0,2) \cdot 10^9$	$0,88 \pm 0,02$	$0,51 \pm 0,01$	$2,75 \pm 0,06$	$1,97 \pm 0,05$
	АМКБ	$(8,0 \pm 0,1) \cdot 10^8$	$0,77 \pm 0,01$	$0,49 \pm 0,01$	$2,37 \pm 0,05$	$2,03 \pm 0,05$
КВС-П	МКБ	$(2,7 \pm 0,3) \cdot 10^9$	$0,84 \pm 0,02$	$0,43 \pm 0,01$	$2,38 \pm 0,05$	$2,31 \pm 0,05$
	АМКБ	$(7,5 \pm 0,2) \cdot 10^8$	$0,72 \pm 0,01$	$0,41 \pm 0,01$	$2,43 \pm 0,05$	$2,42 \pm 0,05$
	ПКБ	$(3,5 \pm 0,1) \cdot 10^8$	$0,45 \pm 0,01$	$0,28 \pm 0,01$	$5,26 \pm 0,09$	$3,64 \pm 0,09$

Підібраний склад захисних середовищ (сахарозо-цитратне та сахарозо-желатозне) гарантує виживання не менше 96,5 % клітин бактерій під час сублімації та їх стабільність під час зберігання.

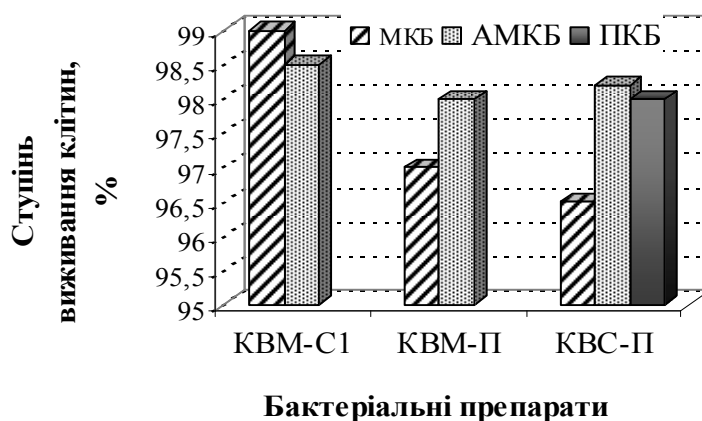


Рис. 4. Вплив захисних середовищ на виживання мікрофлори бактеріальних препаратів після ліофілізації

Фрагмент розробленої блок-схеми технологічного процесу виробництва бактеріальних препаратів прямого внесення представлено на рис. 5.

Розроблені технології дозволяють одержати бакпрепарати з загальною чисельністю молочнокислих бактерій – від $7,4 \cdot 10^{10}$ до $1,1 \cdot 10^{11}$ КУО/г, високою активністю та швидкістю реактивації: молокозсідална активність – 7,0-8,0 год за температури 30-33 °С і дози 1 г/дм³. Індекс розчинності – 0,7-0,8 см³ сирого осаду (табл. 5).

Таблиця 5

Характеристика ліофілізованих бактеріальних препаратів

Показники	«КВМ-С1»	«КВМ-П»	«КВС-П»
Температура культивування, °С	29±1	34±1	34±1
Вихід сухого бакпрепарату, г/дм ³	6,7±0,04	6,4±0,04	7,0±0,03
Масова частка вологи, %	5,0±0,2	5,0±0,2	5,0±0,2
Індекс розчинності, см ³ сирого осаду	0,7±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1
Активність бакконцентрату - за (за внесення 1 г на 1 дм ³) при 36 °С, год.	8,5±0,5	8,0±0,5	7,0±0,5
- кислотність через 3 год, °Т	37±2	40±2	40±2
Загальна чисельність молочнокислих мікроорганізмів, КУО/г:	$(7,4 \pm 0,5) \cdot 10^{10}$	$(1,0 \pm 0,5) \cdot 10^{11}$	$(1,1 \pm 0,5) \cdot 10^{11}$
у т.ч. мезофільних ароматоутворювальних пропіоновокислих бактерій	$(3,0 \pm 0,5) \cdot 10^{10}$	$(8,0 \pm 0,5) \cdot 10^{10}$	$(5,5 \pm 0,5) \cdot 10^{10}$
БГКП (колі форми), в 1 г	відсутні		
Дріжджі та плісняви, в 1 г	відсутні		

Встановлено терміни зберігання бактеріальних препаратів за відносної вологості 85 % і температури -(18-20) °С 12 міс та за -(2-6) °С 6 міс, впродовж яких частка втрачених клітин МКБ та АМКБ була незначною і не перевищувала 5,5 % та 4,0 % відповідно.

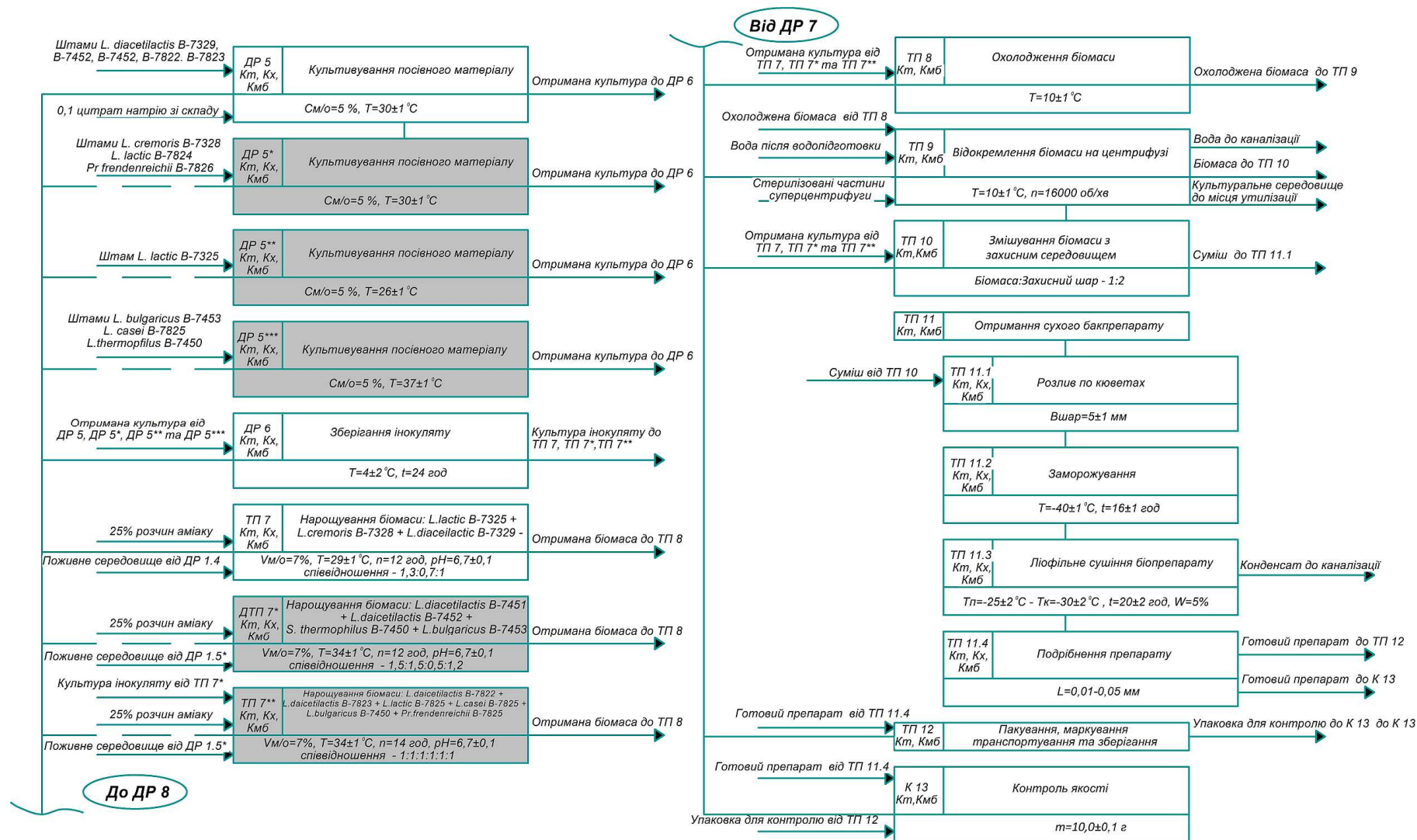


Рис. 5. Фрагмент технологічної схеми виробництва бактеріальних препаратів

Отже, завдяки досліджень фізіологічних та біохімічних властивостей складових досягнуто стабільність складу і функцій бакпрепаратів, використання яких гарантує функціональну активність, якість і безпеку кінцевих продуктів маслоробства.

У п'ятому розділі «Встановлення способів активізації та дози бактеріальних препаратів у технологіях ферментованих молочно-жирових продуктів» викладено результати досліджень щодо підготування бактеріальних препаратів до використання, а саме: встановлення доз і способів внесення їх у молочну-жирові системи. За розвитком заквашувальної мікрофлори, синтезом діацетила, летких органічних кислот, органолептичною оцінкою зразків масла встановлено, що ферментування вершків для виробництва масла методом збивання слід проводити 2,5 % закваскою, приготованою на знежиреному молоці з бакпрепарату «КВМ-С1» з розрахунку 1 г/дм³. Можливе також використання попередньо активізованого у молоці сухого препарату у кількості 10 г/т. У промислових виробках чисельність клітин у вершках при заквашуванні повинна бути не менше 10⁶ КУО/см³.

Єдиним і ефективним способом забезпечення необхідної кислотності плазми при виготовленні кисловершкового масла та спредів методом перетворення ВЖВ є сквашування молока відповідними бакпрепаратами «КВМ-П» або «КВС-П» у кількості 1 г/дм³ за температури (33-34) °С упродовж 8-9 год з наступним дозріванням за температури (14-15) °С упродовж 4-6 год для накопичення аромату та охолодженням до температури (8±1) °С.

Доведено, що саме у такий спосіб активуються метаболічні процеси, а, отже, й нагромадження необхідного рівня смако-ароматичних сполук. Очевидно, що створення оптимальних температурних режимів для розвитку всіх складових бактеріального препарату убезпечує високу якість заквасок через високу активність метаболічних процесів, а, отже, нагромадження у необхідній кількості потрібних смако-ароматичних сполук.

У шостому розділі «Дослідження закономірностей функціонування бактеріальних препаратів у ферментованих продуктах маслоробства під час їх виробництва за різними технологіями та впродовж зберігання» розглянуто адекватність призначення бакпрепаратів застосованим технологіям і їх вплив на якість кисловершкового масла та спредів під час виробництва та подальшого їх зберігання.

Кисловершкове масло методом збивання. Дозрівання вершків є однією із ключових технологічних операцій у виробництві кисловершкового масла за класичною технологією і передбачає певні фізико-структурні трансформації молочного жиру, досягнення необхідного рівня кислотності та кількості смако-ароматичних речовин у дозрілих вершках.

Придатність бакпрепарату «КВМ-С1» до ферментування вершків за підібраних літнього та зимового температурних режимів за технологією КВМ підтверджується поступовим сквашуванням вершків за рахунок життєдіяльності заквашувальної мікрофлори до необхідного рівня кислотності з одночасним досягненням вмісту твердої фази молочного жиру 38,7-40,1 %, що є достатнім для отримання масла хорошої консистенції (рис. 6).

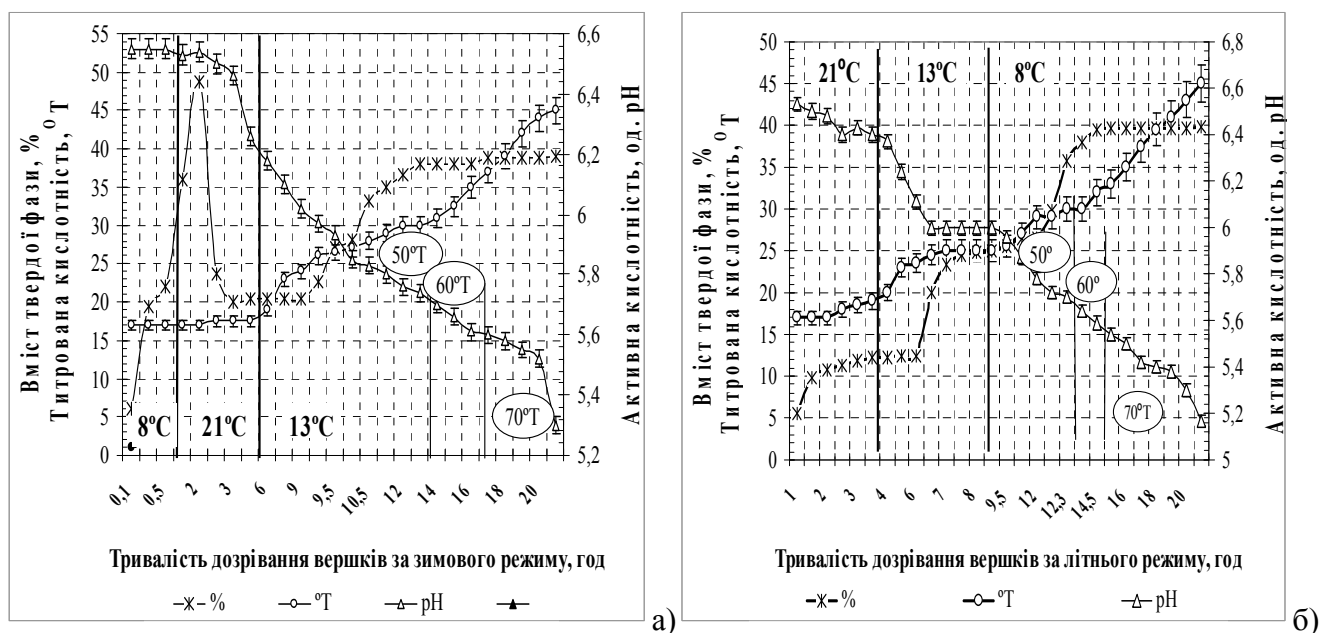


Рис. 6. Зміна фізико-хімічних властивостей вершків за «зимового» та «літнього» режимів дозрівання за участі бактеріального препарату «КВМ-С1»

Об'єктивним свідченням дозрівання вершків за рахунок кислотоутворювальної активності лактобактерій є зростання їх ефективної в'язкості внаслідок денатурації білкової фази молочною кислотою, яка продукується мікроорганізмами закваски, а також збільшення кількості кристалів молочного жиру, що безпосередньо впливає на реологічні показники системи (рис. 7).

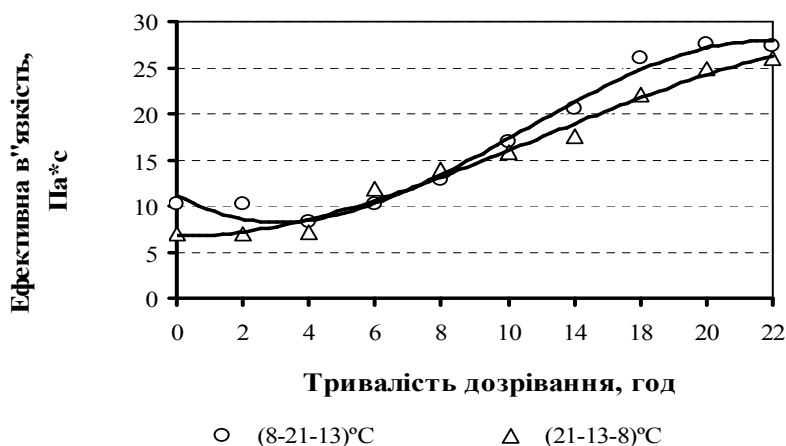


Рис. 7. Зміна ефективної в'язкості вершків упродовж дозрівання

Встановлено, що зростання ступеня сквашування вершків з 50 до 70 °Т призводить до інтенсивнішого окиснення молочного жиру, підвищення кислотності плазми, перекисного числа та м.ч. вологи КВМ під час зберігання за температур від мінус 5 до 0. І це слід враховувати при встановленні термінів зберігання кисловершкового масла, виробленого зі сквашених вершків з кислотністю плазми 70 °Т.

Накопичення молочної кислоти та ароматичних сполук залежить не лише від технологічності та біохімічної активності бактеріальних культур, але й від кислотності сквашених вершків, що в наступному позначається на вираженості смакового букету. Встановлено, що кількість смако-ароматичних сполук була найвищою у вершках, ферментованих до 70 °Т (рис. 8).

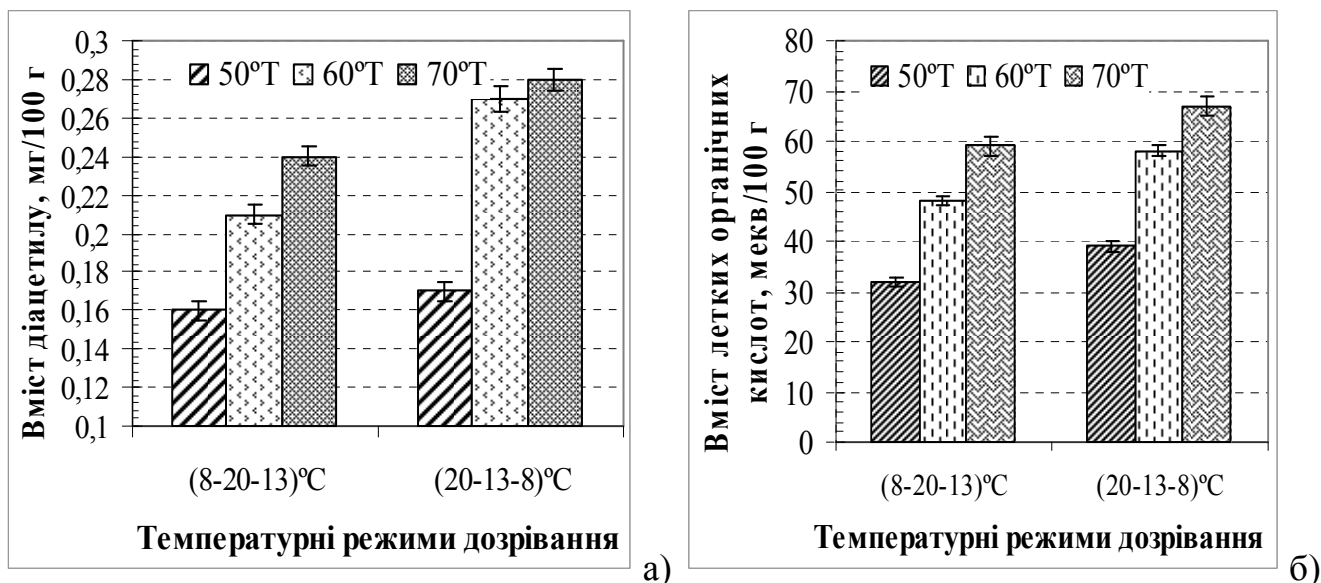


Рис. 8. Вміст смако-ароматичних речовин у кисловершковому маслі за зимового та літнього режимів дозрівання вершків: а) діацетилу; б) летких органічних кислот

Ферментування вершків бактеріальними препаратами до 50, 60 та 70 °Т у літній період сприяло збільшенню вмісту діацетилу у кисловершковому маслі у 1,1-1,2 рази порівняно зі зимовим, що вказує на значну залежність активності його утворення від сезонності технології. Кількість летких органічних кислот більшою мірою залежала від кислотності сквашених вершків, ніж від технологічних режимів дозрівання та сезонних коливань складу молока. Вона зростала у 1,7-1,8 рази із підвищенням кислотності вершків, тоді як у продуктах, вироблених з вершків у літній період – лише в 1,1-1,2 рази.

Дослідження зміни мікробіологічних та біохімічних показників кисловершкового масла, виробленого із сквашених вершків за зимовою та літньою технологіями до кислотності 60 °Т упродовж 7 міс зберігання за температури від мінус 6 до мінус 11 відповідно до ДСТУ 4399:2005 показали, що максимальне зменшення чисельності МКБ становило, відповідно, 22-27 % і 13-23 %, вмісту діацетилу – на 85-72 %, летких органічних кислот – 12-29 %, тобто на кінець дозрівання масло практично втрачає аромат, але не смакові якості (табл. 6).

Очевидно, це пов'язано із погіршенням якості молока через зменшення в ньому вмісту вітамінів, ферментів, інших речовин, необхідних для розвитку і метаболізму заквашувальної мікробіоти.

Кількість технічно-шкідливої мікрофлори за обох технологій була в межах норми.

Таблиця 6

Зміна показників якості кислоторшккового масла впродовж зберігання за температури $-(-6-11)^\circ\text{C}$

Показники	свіже	Тривалість зберігання, міс			% за 7 міс до свіжого
		1	4	7	
	Зимова технологія виробництва				
МКБ, КУО/г	$(2,4-3,7) \cdot 10^6$	$(1,0-1,3) \cdot 10^6$	$(4,0-6,3) \cdot 10^5$	$(1,0-1,3) \cdot 10^5$	78,1
АМКБ, КУО/г	$(2,3-4,5) \cdot 10^5$	$(6,8-7,5) \cdot 10^4$	$(3,0-5,5) \cdot 10^4$	$(1,0-1,3) \cdot 10^4$	73,4
Діацетил, мг/100 г	0,210±0,03	0,157±0,07	0,098±0,09	0,032±0,07	14,5
Леткі органічні кислоти, мекв/100г	48±9	53±12	47±10	34±2	70,8
Кислотність плазми, °Т	60,0±0,5	62,0±0,5	62,5±0,5	64,5±0,5	+7,5
Кислотність жирової фази, °К	2,16±0,2	2,16±0,2	2,22±0,2	2,33±0,2	+7,9
	Літня технологія виробництва				
МКБ	$(1,5-3,5) \cdot 10^7$	$(7,0-9,3) \cdot 10^6$	$(4,3-6,3) \cdot 10^6$	$(1,5-3,6) \cdot 10^6$	86,6
АМКБ	$(3,0-4,7) \cdot 10^6$	$(1,0-2,9) \cdot 10^5$	$(3,0-4,7) \cdot 10^5$	$(1,0-1,3) \cdot 10^5$	76,8
Діацетил, мг/100 г	0,270±0,05	0,176±0,07	0,102±0,06	0,076±0,08	28,1
Леткі органічні кислоти, мекв/100г	57±10	62±10	54±12	50,4±12	88,4
Кислотність плазми, °Т	60,0±0,5	64,0±0,5	65,5±0,5	67,0±0,5	+10,0
Кислотність жирової фази, °К	1,86±0,2	1,86±0,2	1,93±0,2	2,05±0,2	+10,2

Таким чином, розроблений бакпрепарат «КВМ-С1» адаптований до обох режимів визрівання вершків, здатний нагромаджувати достатню кількість смако-ароматичних компонентів для формування смакового букету КВМ. Водночас завдяки регулюванню сквашування вершків за фізико-хімічними показниками можна контролювати процес ароматоутворення.

Кислоторшккове масло методом перетворення ВЖВ. Принципово інша технологія КВМ, удосконалена нами шляхом внесення приготованої з бакпрепарату «КВМ-П» закваски, у зону перетворення фаз – дестабілізатор жирової емульсії, де відбувається її перемішування з високожирними вершками. У такий спосіб забезпечується рівномірне розподілення закваски в продукті, скорочується технологічний процес, і зникає необхідність подальшої утилізації маслянки.

Встановлено тісний взаємозв'язок між вмістом смако-ароматичних речовин та кислотністю плазми продуктів, обумовлений дозою закваски та її кислотоутворювальною активністю. Це дозволило рекомендувати ароматизацію продукту на стадії формування структури проводити закваскою кислотністю у кількості 3,5-5,0 %, яка збагачує КВМ діацетилом у 1,6-1,8 рази та леткими органічними кислотами у 1,3-1,7 рази більше порівняно з солодковершковим маслом (рис. 9).

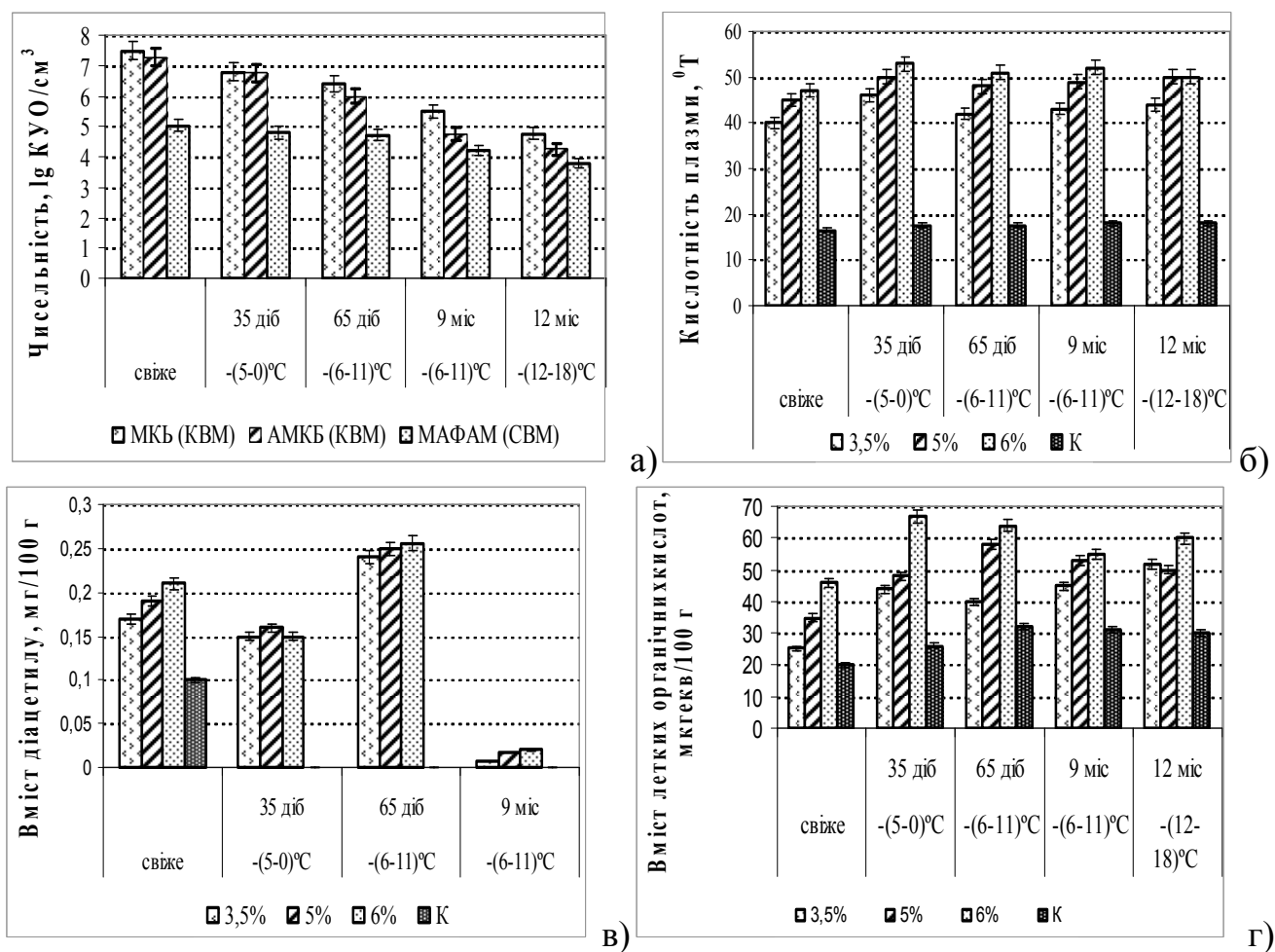


Рис. 9. Зміна основних показників якості кисловершкового масла впродовж зберігання за різних температурних режимів у спожитковому пакуванні та транспортній тарі:

*а) загальна чисельність МКБ; б) кислотність плазми;
в) вміст діацетилу; г) вміст летких органічних кислот*

Було досліджено основні показники якості зразків КВМ, вироблених з різними дозами закваски, та їх стабільність під час зберігання за різних температурних режимів згідно ДСТУ 4399:2005: у спожитковому пакуванні за -5-0) °C та -6-11) °C впродовж 35 та 65 дів, відповідно, та у транспортній тарі за -6-11) °C та -12-18) °C впродовж 9 та 12 міс.

За отриманими результатами виявлено наступні закономірності. Наприкінці 9 міс зберігання за -6-11) °C та 12 місяців за -12-18) °C залишалося, відповідно, не більше 73 % і 65 % життєздатних клітин. Після 65 дів зберігання за температури -6-11) °C загальна чисельність лактофлори складала 88-96 % від умісту у продуктах, що зберігали у спожитковому пакуванні за -5-0) °C.

Після 9-12 міс. зберігання кислотність плазми активніше зростала у продуктах у спожитковому пакуванні, ніж у моноліті, вміст діацетилу спадав до рівня у солодковершковому маслі, тоді як кількість летких органічних кислот залишалась стабільно високою. За всіх режимів зберігання на кінець зазначених термінів КВМ не втрачає своїх смакових якостей, лише аромат.

Отже, доза закваски є дієвим інструментом регулювання процесу ароматоутворення, тоді як нижчі температури зберігання ліпше забезпечують збереження смакових якостей продукту.

Антагоністичні властивості мікроорганізмів закваски та їхня здатність до продукування основного метаболіту – молочної кислоти – проявилися під час зберігання КВМ, виробленого за обома методами: збивання і перетворення ВЖВ. На кінець терміну придатності за встановлених умов чисельність усіх представників сторонньої мікрофлори (ліполітичні та протеолітичні бактерії, спори мезо- та термофільних мікроорганізмів), які є показником мікробіологічної якості та безпечності, була у КВМ нижчою, ніж у солодковершковому маслі, а за вмістом БГКП, кількості дріжджів та пліснявих грибів усі виготовлені зразки КВМ відповідали вимогам чинного стандарту.

Кисловершкове масло, вироблене з новоствореними бакпрепаратами, за органолептичною оцінкою, рівнем кислотності та комплексом основних смако-ароматичних речовин не поступається за діапазоном значень показникам імпортного масла з найвищою бальною оцінкою (рис. 10).

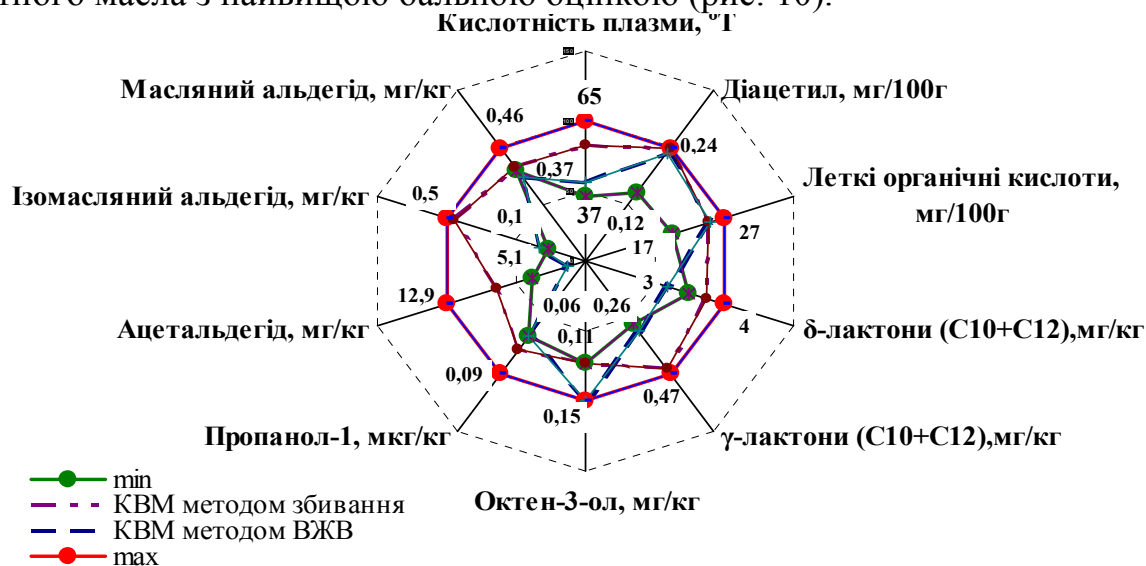


Рис. 10. Порівняльна оцінка характерних показників дослідного кисловершкового масла та кисловершкового масла високої якості

Це свідчить про його високу якість та завершеність даної розробки

Кисловершкові спреди. Склад жирової основи кисловершкових спредів ще більше посилює навантаження на біотехнологічний фактор, оскільки ферментуванню підлягає бідна на поживні середовища для МКБ жирова основа.

Було вирішено дві взаємопов'язані задачі :по-перше, на основі моніторингу якості замінників молочного жиру (ЗМЖ), було обрано ЗМЖ «Sania Z 200» (виробник «Дельта Вільмар Україна»), який найліпше відповідав збалансованості жирнокислотного складу та вимогам здорового харчування, а також вигідно вирізнявся за фізико-хімічними показниками (температурою плавлення і застигання, твердістю, хімічними числами, вмістом твердої фази). По-друге, були підібрані оптимальні дози закваски, виробленої з бакпрепарату «КВС-П». У процесі дослідження відмічено відсутність прямої залежності між температурою плавлення і твердістю жирів, а отже, при проектуванні жирової фази необхідно

керуватися цими обома фізичними показниками, які впливають на структуру і консистенцію готового продукту.

Представлені криві плавлення жирових основ спредів, виготовлених з обраним ЗМЖ та молочним жиром за співвідношення (МЖ:ЗМЖ) 50:50 та 25:75, підтверджують хорошу пластичність за температури менше 20 °С, збереження твердоподібної консистенції в температурному діапазоні від 20 °С до 30 °С і плавлення продукту, аналогічно вершковому маслу за температур 30-35 °С. Вміст твердої фази жирових сумішей за температури 16-24 °С відповідає середнім значенням молочного жиру (рис. 11).

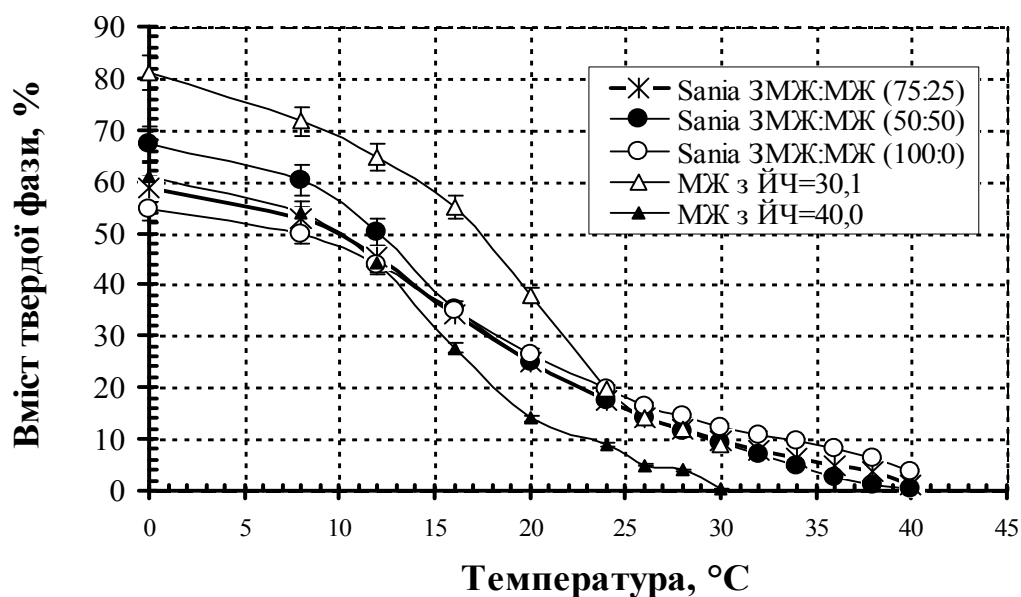


Рис. 11. Залежність твердої фази ЗМЖ «Sania», молочного жиру та їх композицій від температури

Проведено оцінку ефективності бакпрепарату та його вплив на якість кисловершкових спредів з м.ч. жиру 72,5 %, виробленого методом перетворення жирової суміші зі заміною 50 % та 75 % молочного жиру та використанням 5-8 % закваски. Встановлено, що вміст смако-ароматичних речовин, кислотність плазми та жиру спреду, вираженість смаку і аромату свіжовиготовленого кисловершкового спреду цілком залежать від дози внесеної закваски.

Визначено, що використання 5-8 % закваски, приготованої на пастеризованому молоці з бакпрепарату «КВС-П» для кисловершкових спредів методом перетворення жирової суміші, збагачує продукти діацетилом у 2,0-2,3 рази та леткими органічними кислотами – в 1,8-2,3 рази порівняно з солодковершковими спредами, виробленими з аналогічної сировини. Ці дані є прямим підтвердженням ролі закваски у ароматизації КВС.

З'ясовано, що зі збільшенням кількості закваски та ЗМЖ знижується витікання вільного жиру, зростає термостійкість завдяки збільшенню сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЖ) закваски, що свідчить про її значимість у формуванні структури. Структурно-механічні показники (робота різання, еластичність, penetрація зусилля зрізу), незалежно від виду спреду, були прийнятними для даної групи продуктів.

За комплексом мікробіологічних, фізико-хімічних та біохімічних показників кисловершкових спрейдів (рис. 12) впродовж 35 діб зберігання за температури $-(5-0)^{\circ}\text{C}$ було виявлено наступні закономірності:

- активніше наростання кислотності плазми, повільніше відмирання заквашувальної мікрофлори у спредах зі меншою заміною молочного жиру (50 %) та її нижча стабільність порівняно з KBM;

- інтенсивніше зниження діацетилу зі збільшенням частки ЗМЖ та дози закваски до 8 % – на 43-45 %; тоді як у продуктах з 5-6 % закваски зафіксовано зниження діацетилу лише на 17-30 % та поступове збільшення вмісту летких органічних кислот.

- кількість летких кислот у спредах зі заміною молочного жиру ЗМЖ на 50 % після 20 діб зменшилась до 30-40 мкгекв/100 г, тоді як у кисловершкових спредах зі заміною молочного жиру на 75 % спостерігали поступове збільшення летких сполук до кінця терміну зберігання до 43-58 мкгекв/100 г.

- встановлено взаємозв'язок між органолептичними характеристиками кисловершкових спрейдів та кількістю закваски і немолочного жиру, що впливає на смако-ароматичні речовини та фізико-хімічні показники продуктів.

Встановлено, що за використання закваски у кількості 6-8 % для виробництва спрейдів зі співвідношенням ЗМЖ і молочного жиру 50:50 та 8 % для спрейдів зі співвідношенням 75:25 у рівній мірі проявляється ефект смако-ароматичних речовин та кислотність жирової фази і плазми, завдяки чому «маскується» пустий смак немолочних жирів, зберігається насиченість смакового букету, подібного до натурального масла, що значно поліпшує його якість.

Високу стійкість кисловершкових спрейдів порівняно з солодковершковими у процесі зберігання підтверджують дані кислотності жирової фази, перекисного числа, які характеризують ступінь окиснювального псування жиру, і знаходяться у межах норми за ДСТУ 4445:2005 та свідчать про його свіжість.

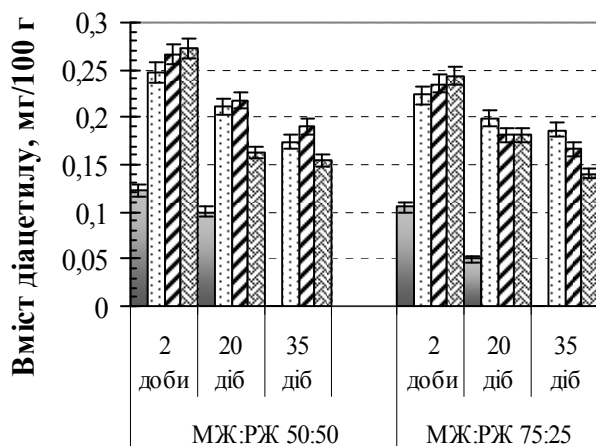
За комплексом мікробіологічних, фізико-хімічних та біохімічних показників кисловершкових спрейдів (рис. 12) впродовж 35 діб зберігання за температури $-(5-0)^{\circ}\text{C}$ було виявлено наступні закономірності:

- активніше наростання кислотності плазми, повільніше відмирання заквашувальної мікрофлори у спредах зі меншою заміною молочного жиру (50 %) та її нижча стабільність порівняно з KBM;

- інтенсивніше зниження діацетилу зі збільшенням частки ЗМЖ та дози закваски до 8 % – на 43-45 %; тоді як у продуктах з 5-6 % закваски зафіксовано зниження діацетилу лише на 17-30 % та поступове збільшення вмісту летких органічних кислот.

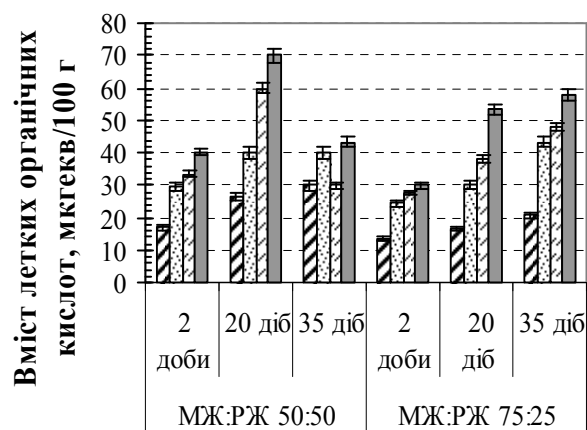
- кількість летких кислот у спредах зі заміною молочного жиру ЗМЖ на 50 % після 20 діб зменшилась до 30-40 мкгекв/100 г, тоді як у кисловершкових спредах зі заміною молочного жиру на 75 % спостерігали поступове збільшення летких сполук до кінця терміну зберігання до 43-58 мкгекв/100 г.

- встановлено взаємозв'язок між органолептичними характеристиками кисловершкових спрейдів та кількістю закваски і немолочного жиру, що впливає на смако-ароматичні речовини та фізико-хімічні показники продуктів.



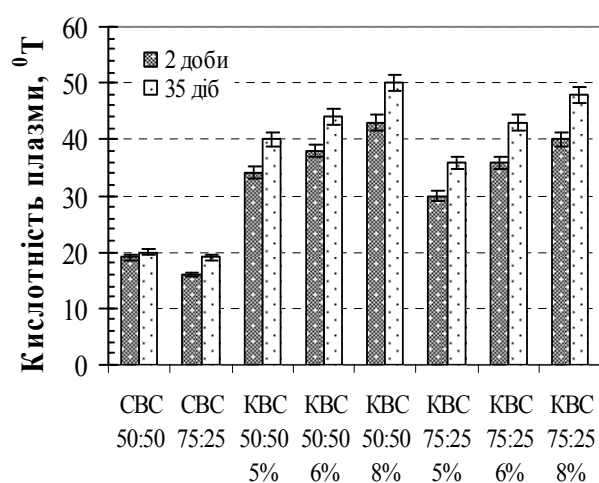
■ - СВС □ - КВС 5% ▨ - КВС 6% ▩ - КВС 8%

а)

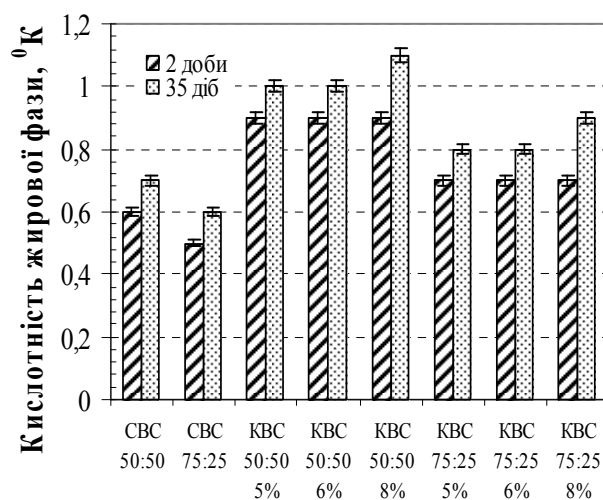


▨ - СВС ▩ - КВС 5% ▨ - КВС 6% ■ - КВС 8%

б)



в)



г)

Рис. 12. Зміна вмісту основних смако-ароматичних речовин (а,б) та фізико-хімічних показників (в,г) упродовж зберігання спредів із використанням різної кількості закваски

За комплексом мікробіологічних, фізико-хімічних та біохімічних показників кисловершкових спредів (рис. 12) впродовж 35 діб зберігання за температури $-(5-0)^{\circ}\text{C}$ було виявлено наступні закономірності:

- активніше наростання кислотності плазми, повільніше відмирання заквашувальної мікрофлори у спредах зі меншою заміною молочного жиру (50 %) та її нижча стабільність порівняно з КВМ;

- інтенсивніше зниження діацетилу зі збільшенням частки ЗМЖ та дози закваски до 8 % – на 43-45 %; тоді як у продуктах з 5-6 % закваски зафіксовано зниження діацетилу лише на 17-30 % та поступове збільшення вмісту летких органічних кислот.

- кількість летких кислот у спредах зі заміною молочного жиру ЗМЖ на 50 % після 20 діб зменшилась до 30-40 мкгекв/100 г, тоді як у кисловершкових спредах зі заміною молочного жиру на 75 % спостерігали поступове збільшення летких сполук до кінця терміну зберігання до 43-58 мкгекв/100 г.

- встановлено взаємозв'язок між органолептичними характеристиками

кисловершкових спредів та кількістю закваски і немолочного жиру, що впливає на смако-ароматичні речовини та фізико-хімічні показники продуктів.

Встановлено, що за використання закваски у кількості 6-8 % для виробництва спредів зі співвідношенням ЗМЖ і молочного жиру 50:50 та 8 % для спредів зі співвідношенням 75:25 у рівній мірі проявляється ефект смако-ароматичних речовин та кислотність жирової фази і плазми, завдяки чому «маскується» пустий смак немолочних жирів, зберігається насиченість смакового букету, подібного до натурального масла, що значно поліпшує його якість.

Високу стійкість кисловершкових спредів порівняно з солодковершковими у процесі зберігання підтверджують дані кислотності жирової фази, перекисного числа, які характеризують ступінь окиснювального псування жиру, і знаходяться у межах норми за ДСТУ 4445:2005 та свідчать про його свіжість.

Кисловершкові паст. Для розроблення принципово нових низькожирних продуктів маслоробства – вершкових паст, збагачених живою корисною мікрофлорою, необхідно було досягти стабільності структурних властивостей низькожирних вершків, протидіяти зменшенню в'язкості та розшаруванню системи зі вмістом жирової фази 30-40 % і підібрати бакпрепарат, здатний ферментувати молочно-жирові емульсії (МЖЕ), тобто забезпечити повну узгодженість дії технологічних і мікробіологічних факторів. Для поліпшення властивостей молочно-жирових емульсій, підвищення процесу структуроутворення і подальшого забезпечення необхідної консистенції вершкових паст на підставі математичного опрацювання результатів досліджень визначено оптимальні дози спільного використання колоїдану QNA як стабілізатору консистенції і емульгатору дімодану U/G («Danisco», Данія). Встановлено, що їх вміст має бути: для паст 30 % та 35 % жирності – 1,5+0,5 %; для 40 % – 1,0+0,5 %. Отримані рівняння регресії описують ефективну в'язкість (Y_1), смак і запах (Y_2), консистенцію (Y_3) та седиментаційну стійкість (Y_4) від кількості стабілізатору консистенції (X_1) та емульгатору (X_2):

Для ефективної в'язкості: $Y_1 = 9,1 + 6,93x_1 + 3,15x_2 + 1,64x_1^2 + 2,77x_1x_2$

Для смаку і запаху: $Y_2 = 2,33 + 4,16x_1 + 1,54x_2 - 1,88x_1^2 - 1,48x_2^2 - 0,8x_1x_2$

Для консистенції: $Y_3 = 4,9 + 0,45x_1 + 0,13x_2 - 0,88x_1^2 - 0,63x_2^2 + 0,075x_1x_2$

Для седиментаційної стійкості: $Y_4 = 91,92 + 0,58x_1 - 3,68x_1x_2 + 3,68x_2$

Встановлено також співвідношення між основними компонентами у МЖЕ різної жирності (жир:білок:вуглеводи). Доведено, що для отримання пластичної консистенції вершкових паст вміст сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) з використанням різних молочно-білкових добавок (сухе знежирене молоко, демінералізована сироватка, концентрати молочних і сироваткових білків) має бути 10,3-14,4 %.

Серією випробувань доведено, що у технології короткочасного дозрівання кисловершкових паст слід використовувати бакпрепарати «КВМ-П», «КВС-П», оскільки надають МЖЕ жирністю 20-40 % кисломолочного смаку, необхідного рівня кислотності і летких органічних кислот. Ферментування бакпрепаратом «КВМ-С1» буде тривалішим.

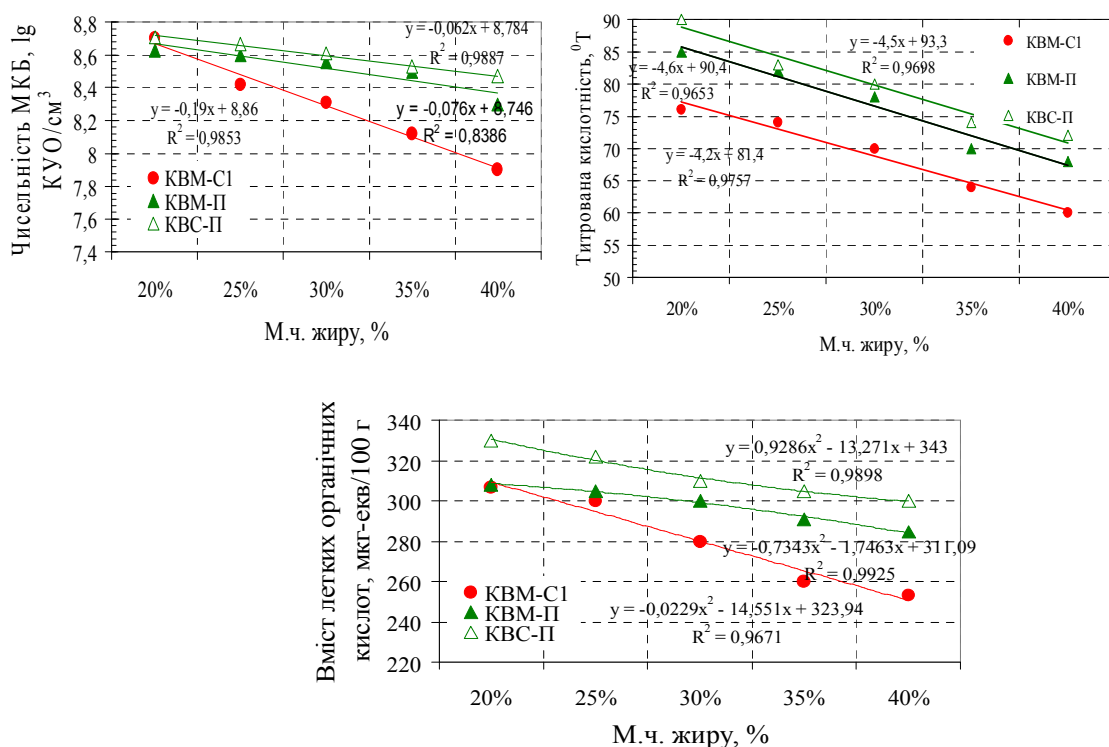


Рис. 13. Вплив масової частки жиру та заквасок на деякі показники молочно-жирових емульсій

Встановлено, що за способу прямого внесення 9-15 % закваски на молоці з м.ч. жиру 2,5 % у МЖЕ практично не відбувається розвиток заквашувальної мікрофлори, однак, смако-ароматичні сполуки закваски позитивно впливають на вираженість смаку і аромату готового продукту.

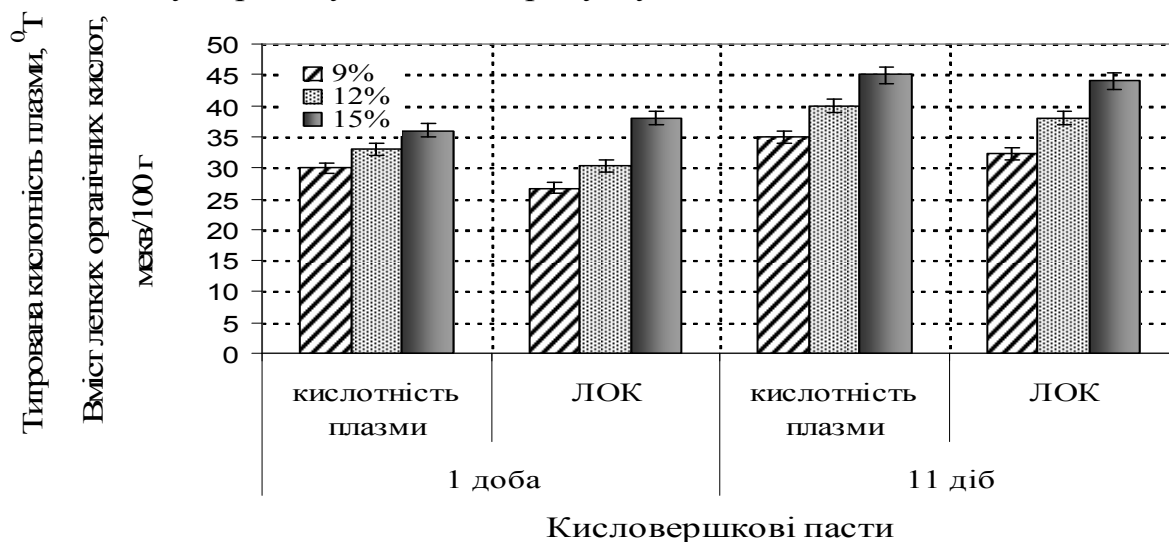


Рис. 14. Вплив прямого внесення закваски у МЖЕ на якість кисловершкових паст

Опрацьовано спосіб короточасного біодозрівання молочно-жирових емульсій за температури 34 °C до кислотності не більше 35-40 °T, а саме: 2,0-2,5 год з використанням 7-9 % закваски на основі «КВС-П», приготованої на знежиреному молоці та 3,0-3,5 год з 10-12 % закваски на вершках 20 % жирності і бакпрепарату з

розрахунку 10 г/т (табл. 7). Цей спосіб дозволяє прискорити технологічний процес виробництва паст, вносити закваски на різних молочних основах та регулювати інтенсивність кисломолочного смаку цільового продукту.

Таблиця 7

Вплив способу внесення і дози закваски на різних молочних основах за короткочасного біодозрівання МЖЕ на якість кисловершкових паст

Доза закваски	Титрована кислотність МЖЕ, °Т	Тривалість дозрівання МЖЕ, год	Кисловершкові паста на основі отриманих МЖЕ після зберігання			
			1 доба		11 діб	
			к-ність плазми, °Т	ЛОК, мгекв/100г	к-ність плазми, °Т	ЛОК, мгекв/100г
Закваска на основі знежиреного молока						
5 %	30±0,5	4,0±0,2	36±0,5	23,3±0,7	38±0,5	32,5±0,8
	35±0,5	4,5±0,2	42±0,5	35,0±0,9	46±1,0	41,5±1,2
	50±0,5	6,0±0,2	58±1,0	50,0±1,5	64±1,5	59,5±2,0
7 %	30±0,5	2,5±0,2	37±0,5	22,1±0,6	41±0,5	26,0±0,7
	35±0,5	3,0±0,2	40±0,5	47,5±0,8	45±0,5	55,5±1,1
	40±0,5	3,5±0,2	45±1,0	62,5±2,5	51±1,0	67,5±2,4
	55±0,5	4,5±0,2	68±1,5	70,0±3,0	82±1,5	74,5±2,8
9 %	30±0,5	2,0±0,2	48±0,4	40,0±1,3	55±1,0	43,0±1,0
	40±0,5	3,0±0,2	50±1,0	45,0±1,4	63±1,0	45,0±1,0
	60±0,5	3,5±0,2	70±1,5	67,0±1,4	84±2,0	79,9±1,6
Закваска на основі вершків (м.ч. жиру 20,0 %)						
10 %	35±0,5	3,0±0,2	40±0,5	40,0±1,2	45±0,5	46,0±1,6
12 %	40±0,5	3,5±0,2	44±0,5	46,7±1,1	49±1,0	51,0±1,4
15 %	50±0,5	4,0±0,2	61±1,5	50,3±1,2	72±1,5	55,9±1,0
Бактеріальний препарат						
5 г/т	30±0,5	5,0±0,2	37±0,5	20,0±0,6	40±0,5	36,0±0,9
10 г/т	40±0,5	3,0±0,2	42±0,5	24,5±1,0	46±1,0	38,5±0,8
15 г/т	42±0,5	3,5±0,2	54±1,0	22,5±0,6	61±1,0	40,0±0,8

Дослідження впливу способу внесення заквашувальної мікрофлори на мікробіологічні показники молочно-жирових емульсій та кисловершкових паст показали її активніший розвиток за використання заквасок, приготованих із бакпрепаратів на знежиреному молоці. На основі мікробіологічних та органолептичних показників встановлено тривалість зберігання паст 11 діб, тоді як солодковершкова паста без консервантів залишалася стабільною лише до 7 діб. Це пояснюється, ймовірно, тим, що кисловершкові паста представляють продукт зі змішаним типом дисперсності та містять велику кількість поживних речовин, зокрема, лактози, яка сприяє швидкому розвитку заквашувальної мікрофлори у порівнянні з кисловершковим маслом, де волога диспергована переважно у вигляді дрібних крапель.

Технологічна схема виробництва ферментованих молочно-жирових продуктів маслоробства представлено на рис. 15.

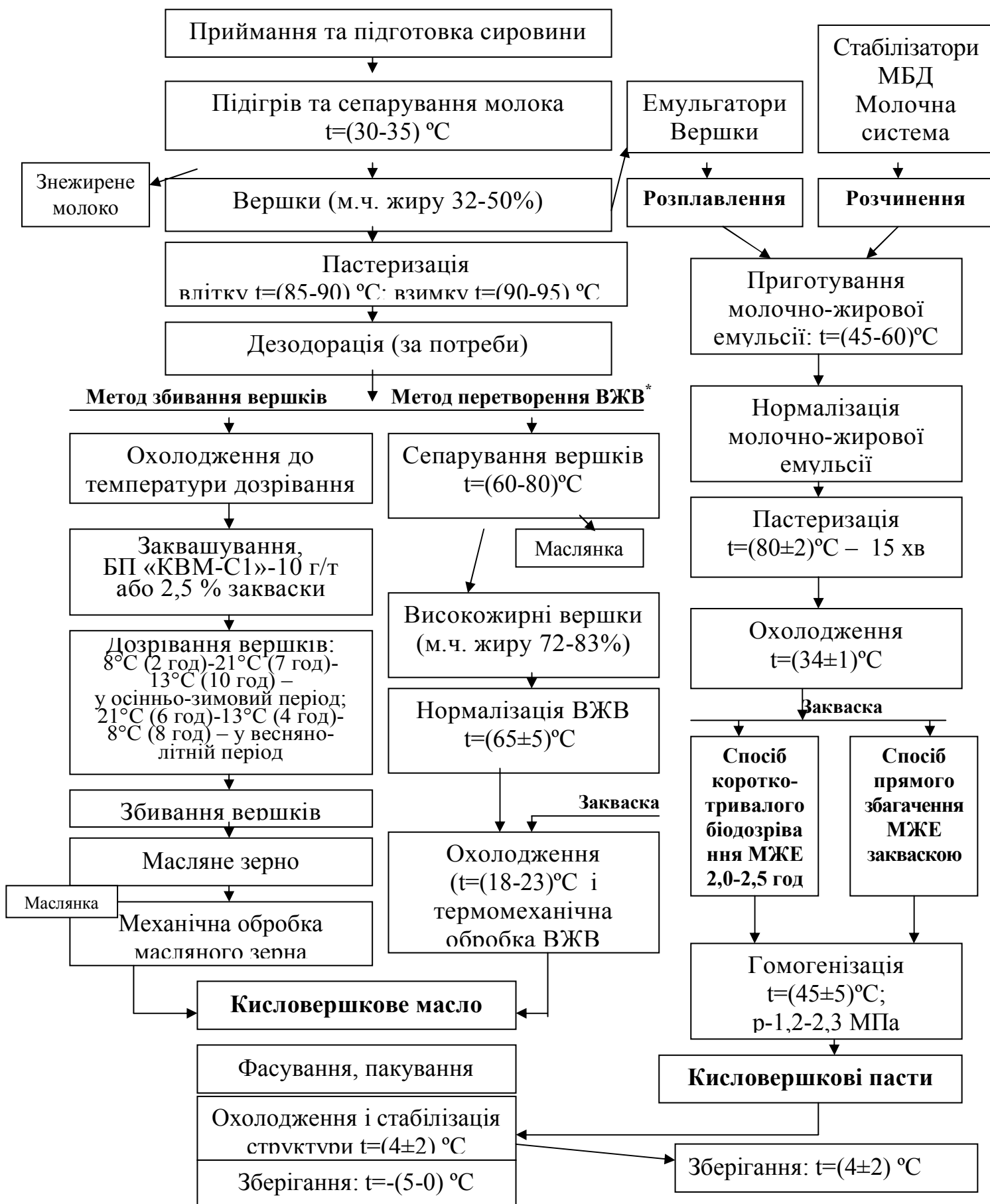


Рис. 15. Загальна схема виробництва ферментованих молочно-жирових продуктів маслоробств

* Кисловершкові спреди виробляли методом перетворення жирової суміші за технологією, аналогічною виготовленню кисловершкового масла методом перетворення ВЖВ.

Продукти характеризувалися однорідною, пастоподібною консистенцією. Дослідження структурно-механічних показників кисловершкових паст після 1 доби зберігання за температури $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ показало, що продукти мають показники ефективної в'язкості за швидкості деформації $1,8\text{ с}^{-1}$ в межах 451,4-519,4 Па·с, твердість – 57,4-63,9 г/см², граничне напруження зсуву – 5,0-5,5 кПа, що цілком відповідає їх нормативним значенням.

Таким чином, всебічне дослідження закономірностей функціонування мікрофлори розроблених бакпрепаратів у різній за складом сировині, а також обумовлені нею фізико-хімічні та біохімічні процеси, під час виробництва та зберігання ферментованих продуктів дозволило вирішити питання технологічної реалізації нової лінійки ферментованих продуктів маслоробства гарантованої якості та стабільності усіх визначальних чинників.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі за результатами аналітичних та експериментальних досліджень розроблено теоретичні та практичні основи біотехнології ферментованих продуктів маслоробства, спрямовані на здійснення біомодифікації жирових систем молочного та комбінованого складу лакто- і пропіоновокислими бактеріями і їх композиціями з вираженою кислото- та ароматоутворювальною активністю. Отримані дані дозволили зробити наступні висновки.

1. Відібрано із некомерційних ферментованих продуктів (сметани, вершків, кисловершкового масла) та задепоновано у Депозитарії ІМВ НАН України 12 перспективних для маслоробства біологічно активних штамів молочно- і пропіоновокислих бактерій, здатних до розвитку і функціонування у молочно-жирових середовищах та високою антагоністичною активністю щодо умовно-патогенних та патогенних бактерій, особливо до родини *Enterobacteriaceae*. На основі цих штамів створено 3 заквашувальні композиції для застосування у біотехнологіях ферментованих продуктів маслоробства: «КВМ-С1» (*L. lactis* B-7325, *L. cremoris* B-7328, *L. diacetilactis* B-7329) – для кисловершкового масла методом збивання, «КВМ-П» (*L. diacetilactis* B-7451 і B-7452, *S. thermophilus* B-7450, *Lb. bulgaricus* B-7453) – для кисловершкового масла методом перетворення ВЖВ, «КВС-П» (*L. diacetilactis* B-7822 і B-7823, *L. lactis* B-7326, *L. casei* B-7825, *L. bulgaricus* B-7453, *Pr. freudenreichii* B-7826) – для кисловершкових спредів.

2. Встановлено, що для виробництва кисловершкового масла методом сквашування вершків придатною та адаптованою до температурних умов дозрівання вершків є композиція мезофільних молочнокислих бактерій, а для його виробництва методом перетворення ВЖВ до заквашувальної композиції обов'язковим є залучення термофільних лактобактерій з високою енергією кислотоутворення для забезпечення необхідного рівня кислотності плазми та збагачення продукту вищим вмістом смако-ароматичних речовин діацетилу, летких органічних кислот, лактонів, альдегідів та ефірів).

3. Розроблено рецептури поживних середовищ для нагромадження біомаси та опрацьовано технологічні етапи виробництва бактеріальних препаратів, які забезпечують високий рівень нагромадження біомаси – не менше $7,4 \cdot 10^{10}$ клітин в 1 г сухого препарату: спосіб підготовки інокуляту, співвідношення між штамми в композиції, оптимальна температура та тривалість культивування для спільного нарощування мезо- і термофільних культур, склад захисного середовища для мінімізації впливу ліофілізації на життєздатність мікрофлори бактеріальних препаратів. Встановлено режими зберігання та термін придатності до використання бакпрепаратів: за температури від 0 до 6 °C – 6 міс; за температури мінус 18 °C – 1 рік.

4. Встановлено способи активізації бактеріальних препаратів для виробництва ферментованих молочно-жирових продуктів. Доведено, що при виробництві кисловершкового масла та спредів методом перетворення ВЖВ найефективнішою є закваска, отримана сквашуванням знежиреного молока бакпрепаратом з розрахунку 1 г/дм³. Визначено, що для виробництва масла методом збивання доцільним є використання 10 г/т бакпрепарату «КВМ-С1» або 2,5 % закваски з його використанням; для проведення ароматизації кисловершкового масла на стадії формування структури продукту – 3,5-5 % закваски з бакпрепарату «КВМ-П». Проведення ароматизації кисловершкових спредів на стадії формування структури, вироблених методом перетворення жирових сумішей із співвідношенням молочного жиру і заміником молочного жиру 50:50 та 75:25, потребує використання відповідно 6-8 % та 8 % закваски.

5. Для виробництва кисловершкового масла методом збивання підібрано трьохступінчасті режими дозрівання вершків відповідно до сезонної специфіки хімічного складу молочного жиру: для сировини весняно-літнього періоду – 21°C (6 год) – 13°C (4 год) – 8°C (8-14 год), а для осіннього зимового періоду – 8°C (2 год) – 21°C (7 год) – 13°C (10-14 год). Встановлено, що індивідуальні режими низькотемпературної обробки підготовки вершків забезпечують життєдіяльність заквашувальної лактофлори, дозволяють отримати вершки перед збиванням майже з однаковими показниками ефективної в'язкості (27,3-26,0 Па·с) та вмісту твердої фази (38,7-40,1 %). Встановлено, що високі показники якості готового продукту забезпечує визрівання вершків до кислотності плазми 60 °Т.

6. Встановлено закономірності формування смакових якостей кисловершкового масла і спредів, вироблених методом перетворення ВЖВ, які обумовлені вмістом смако-ароматичних речовин та кислотністю плазми і залежать від дози закваски, її кислото- та ароматоутворювальної активностей.

7. Доведено, що інтенсивність смаку і запаху кисловершкових паст за прямого збагачення МЖЕ залежить від дози внесеної закваски. Встановлено, що короткотривале ферментування МЖЕ до кислотності 35-40 °Т бактеріальними препаратами «КВМ-П», «КВС-П» гарантує отримання якісного та безпечного продукту зі стабільними властивостями упродовж 11 діб зберігання за температури (4±2) °C. Обґрунтовано дози і способи використання бактеріальних препаратів для виробництва кисловершкових паст: 10 г/т бакпрепаратів «КВМ-П» і «КВМ-П», 7-9% закваски на молоці, 10-12 % закваски на вершках (м.ч. жиру 15-20 %) – для

короткотривалого біодозрівання молочно-жирових емульсій; 9-12 % закваски на знежиреному молоці – для прямого збагачення молочно-жирових емульсій.

8. Встановлено закономірності розвитку мікрофлори бактеріальних препаратів у залежності від їх дози, способів активізації, складу ферментованої молочно-жирової системи та технології виробництва продукту. Доведено, що визначальними факторами у біотехнології ферментованих продуктів маслоробства є: кислотність плазми і жирової фази, перекисне число, кількісний і якісний склад смако-ароматичних компонентів. Показано, що за запропонованими показниками кисловершкове масло відповідає високоякісним комерційним імпортованим продуктам.

9. Обґрунтовано використання заміни молочного жиру «Sania» для виробництва спредів. Встановлено, що за вмістом твердої фази за температур плавлення до 45 °С та затвердіння за 0 °С композиції ЗМЖ «Sania» з молочним жиром у співвідношеннях 50:50 і 25:75 наближені до натурального молочного жиру, що гарантує отримання продукту з консистенцією, наближеною до вершкового масла. На підставі математичного опрацювання результатів досліджень визначено оптимальні дози стабілізатору і емульгатору для забезпечення необхідних фізико-хімічних, структурно-механічних та органолептичних показників кисловершкових паст з масовою часткою жиру 30-40 %.

10. Проведено промислову апробацію розроблених біотехнологій бакпрепаратів на Державному дослідному підприємстві ПП НААН, а технології ферментованих продуктів маслоробства з їх використанням – на маслоробних підприємствах України. Розроблено та затверджено нормативні документи на виробництво бакпрепаратів прямого внесення та ферментованих продуктів маслоробства: традиційного кисловершкового масла і нових для України продуктів – кисловершкових спредів і кисловершкових паст. Якість бактеріальних препаратів та ферментованих продуктів маслоробства з їх використанням підтверджено актами виготовлення. Середній економічний ефект від реалізації 1 т ферментованих продуктів становить від 160 до 254 грн/т.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. **Bodnarchuk, O.**; Influence of Temperature Regimes of Ripening and Fermentation Stages of The Physical and Chemical Properties of Cream and Sour-Cream Butter Quality Indicators. *Харчова Наука і Технологія* **2018**, 12, 3(5), pp 57–63. [doi:10.15673/fst.v12i3.10404](https://doi.org/10.15673/fst.v12i3.10404).

Журнал індексується у електронних бібліотеках, каталогах, репозиторіях та міжнародних наукометричних базах даних: Web of Science Core Collection, Index Copernicus International, AGRIS, ResearchBible, Ulrich's WEB (Global Serials Directory), CABI, International standard serial number CrossRef, SHERPA/RO-MEO, DOAJ (Directory of Open Access Journals), Scilit, BASE (Bielefeld Academic Search Engine), OCLC (WorldCat), FSTA (Food Science and Technology Abstracts), Google Scholar, Національна бібліотека України імені Вернадського, Бібліометрика української науки.

2. **Боднарчук, О.;** Слободянюк, Н. Конструювання заквашувальних композицій для виробництва кисловершкового масла. *Продовольча індустрія АПК*. **2018**, 4, с 19 – 23. (Agris (FAO), Ulrich's WEB (Global Serials Directory), РІНЦ (з індексом цитування)).

Особистий внесок: проведення мікробіологічних та біохімічних досліджень, узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалів до друку.

3. **Боднарчук, О.;** Слободянюк, Н. Вплив Заквашувальних Культур на Молочно-Жирові Емульсії для Кисловершкових Паст. *Продовольча Індустрія АПК*. **2018**, 5, с 10–13. (Agris (FAO), Ulrich's WEB (Global Serials Directory), РІНЦ (з індексом цитування)).

Особистий внесок: проведення досліджень з визначення впливу бактеріальних культур на формування фізико-хімічних і смако-ароматичних властивостей молочно-жирових емульсій, узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалів до друку.

4. **Боднарчук, О.В.;** Кігель, Н.Ф. Бактеріальні Культури у Виробництві Кисловершкового Масла. *Продовольча Індустрія АПК*. **2013**, 4, с 12–19. (Agris (FAO), Ulrich's WEB (Global Serials Directory), РІНЦ (з індексом цитування)).

Особистий внесок: проведення досліджень з визначення функціонально-технологічних показників бактеріальних культур для різних технологій, узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалів до друку.

5. **Боднарчук, О.В.** Опрацювання Умов Підготовки Посівного Матеріалу для Отримання Бактеріального Препарату для Кисловершкового Масла *Наукові Праці ОНАХТ* **2013**, 2,(44), с 240–245. (Index Copernicus, EBSCOhost, CABI Full Text, Universal Impact Factor).

6. Рожанська, О.М.; **Боднарчук, О.В.;** Король, О.М.; Чорна, Н.Ф.; Кігель, Н.Ф. Конструювання Бактеріальних Композицій для Виробництва Кисловершкового Масла. *Науковий Вісник Львівського Національного Університету Ветеринарної Медицини та Біотехнологій Імені С.З.Гжицького* **2011**, 13(2), с 372–380. Технічні науки Серія «Харчові технології». (Google Scholar, РІНЦ).

Особистий внесок: проведення мікробіологічних та біохімічних досліджень створених заквашувальних композицій, формулювання основних висновків, підготовка до друку.

7. **Боднарчук, О.В.** Закономірності Розвитку Бактеріальних Композицій Підчас Біологічного Дозрівання Вершків для Виготовлення Кисловершкового Масла. *Науковий Вісник Львівського Національного Університету Ветеринарної Медицини та Біотехнологій Імені С.З.Гжицького* **2013**, 15(55), с 18–24. Технічні науки Серія «Харчові технології». (Google Scholar, РІНЦ).

8. **Боднарчук, О.В.** Дослідження Ферментативної Активності Заквашувальних Культур для Кисловершкового Масла. *Науковий Вісник Львівського Національного Університету Ветеринарної Медицини та Біотехнологій Імені С.З.Гжицького* **2012**, 14, (53), с 246–251. Технічні науки Серія «Харчові технології». (Google Scholar, РІНЦ).

9. **Боднарчук, О.В.** Дослідження Антагоністичної Активності Заквасок Для Кисловершкового Масла. *Науковий Вісник Львівського Національного Університету Ветеринарної Медицини та Біотехнологій Імені С.З.Гжицького* **2012**, 14(52), с 189 –

194. (фахове видання України з технічних наук відповідно до наказу Міністерства освіти і науки України від 13.07.2015 р. № 747). Технічні науки Серія «Харчові технології». (Google Scholar, РІНЦ).

10. **Боднарчук, О.В.** Вплив Технологічних Режимів Приготування Закваски на Формування її Смако-Ароматичних Речовин. *Науковий Вісник Львівського Національного Університету Ветеринарної Медицини та Біотехнологій Імені С.З.Гжицького* **2013**, 15(57), с 15–21. Технічні науки Серія «Харчові технології». (Google Scholar, РІНЦ).

11. **Боднарчук, О.В.** Особливості Функціонування Заквашувальних Культур Підчас Виробництва Кисловершкового Масла Різними Способами та їх Вплив на його Якість. *Науковий Вісник Львівського Національного Університету Ветеринарної Медицини та Біотехнологій Імені С.З.Гжицького* **2014**, 16 (59), с 12–19. Технічні науки Серія «Харчові технології». (Google Scholar, РІНЦ).

12. **Боднарчук, О.В.** Дослідження Якості Кисловершкового та Солодковершкового Масла під час Зберігання. *Науковий Вісник Львівського Національного Університету Ветеринарної Медицини та Біотехнологій Імені С.З.Гжицького* **2014**, 16(60), с 11–20. Технічні науки Серія «Харчові технології». (Google Scholar, РІНЦ).

13. **Боднарчук, О.В.** Мікробіологічна Якість Кисловершкового Та Солодковершкового Масла за Умов Низькотемпературного Зберігання. *Наук. Вісник ЛНУВМБ ім. С.Гжицького* **2015**, 17(61), с 3–10. Технічні науки Серія «Харчові технології». (Google Scholar, РІНЦ).

14. **Боднарчук, О.В.** Дослідження Амінокислотного Складу Плазми Кисловершкового та Солодковершкового Масла Під Час Зберігання. *Науковий Вісник Львівського Національного Університету Ветеринарної Медицини та Біотехнологій Імені С.З.Гжицького* **2015**, 17(64), с 16–23. Технічні науки Серія «Харчові технології». (Google Scholar, РІНЦ).

15. **Боднарчук, О.В.** Якість Кисловершкових Спредів, Виготовлених Методом Перетворення Жирової Суміші. *Наук. Вісник ЛНУВМБ ім. С.Гжицького* **2016**, 18(65), с 26–32. Технічні науки Серія «Харчові технології». (Google Scholar, РІНЦ).

16. **Боднарчук, О.В.** Вибір Складу Комплексної Заквашувальної Композиції для Кисловершкових Спредів та Дослідження Закономірностей їх Функціонування. *Збірник наукових праць Ін-т прод. Ресурсів НААН України Продовольчі ресурси* **2015**, 4, с 75–80.

17. **Боднарчук, О.В.; Єресько, Г.О.; Кігель, Н.Ф.** Дослідження Структурно-Механічних Характеристик Спредів. *Збірник наукових праць Ін-т прод. Ресурсів НААН України Продовольчі ресурси* **2016**, 7, с 73–78.

18. **Боднарчук, О.В.** Дослідження Властивостей Замінників Молочного Жиру. *Збірник Наукових Праць Ін-т Прод. Ресурсів НААН України Продовольчі Ресурси* **2016**, 6, с 123–130.

19. **Боднарчук, О.В.** Вплив Стабілізаторів Структури на Властивості Вершків, як Основи для Виробництва Низькожирних Маслоподібних Продуктів. *Збірник Наукових Праць Ін-т Прод. Ресурсів НААН України Продовольчі Ресурси*, **2017**, 9, с 120–125.

20. **Боднарчук, О.В.** Вплив Закваски на Якісні Показники Кисловершкового Масла. *Харчова наука і технологія* **2013**, 2 (23), с 42–45.

21. **Bondarchuk, O.;** Gukova, Y.F. Changing Taste and Aromatic Properties Sour-Cream Butter and Sweet-Cream Butter in Conditions of Low Temperature Storage. *Carpathian J. Food Sci. Technol.* **2015**, 7(4), pp 74–82. *Іноземне видання.* (Scopus, Web of Science Collection, Thompson Reuters, Index Copernicus, Open J-Gate, Ulrich WEB (Global Serials Directory), CAS (American Chemical Society), DOAJ (Directory of Open Access Journals), IFIS (International Food Information Service).

Особистий внесок: проведення фізико-хімічних і біохімічних досліджень вершків за ступінчастих режимів дозрівання на якість кисловершкового масла, узагальнення отриманих результатів, підготовка до друку.

22. **Боднарчук, О.В.** Роль Заквасочной Культуры в Производстве Кислосливочных Спредов. *Пищевая Промышленность: Наука и Технология* **2019**, 12(43), с 86–96. *Іноземне видання.* (РІНЦ).

23. **Боднарчук, О.В.;** Кігель, Н.Ф.; Жукова, Я.Ф.; Ересько, Г.О. Роль Бактериальных Культур на Формирование Вкусо-Ароматических Свойств Кислосливочного Масла. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»* **2014**, 4(22), с 21–30. *Іноземне видання.* (AGRIS (FAO) (Agricultural Research Information System), CrossRef, Ulrich's Periodicals Directory, CyberLeninka, elibrary (Научная электронная библиотека).

Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень з визначення впливу різних заквашувальних культур на нагромадження смако-ароматичних сполук, узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалів до друку).

24. **Боднарчук, О.В.;** Єресько, Г.О.; Кігель, Н.Ф. (Інститут продовольчих ресурсів НААН). Спосіб одержання бактеріального препарату прямого внесення «КВМ-П» для кисловершкового масла. Патент на винахід України 109326, Серп 10, 2015.

Особистий внесок здобувача: узагальнено літературні та власні експериментальні дані щодо нарощування біомаси бакпрепарату та підбору захисного середовища, підготовлено патентна заявка.

25. **Боднарчук, О.В.;** Єресько, Г.О.; Кігель, Н.Ф.; [Майборода, Ю.В.;](#) [Семенівська, О.А.](#) (Інститут продовольчих ресурсів НААН). Спосіб Поточного Виробництва Кисловершкового Масла. Патент на винахід України 108580, Тра 12, 2015.

Особистий внесок здобувача: узагальнено літературні та власні експериментальні дані щодо технологічних особливостей кисловершкового масла, підготовлена патентна заявка.

26. [Ересько, Г.О.;](#) [Майборода, Ю.В.;](#) [Боднарчук, О.В.;](#) [Король, О.В.;](#) [Балюбаш, В.А.;](#) Альошічев, С.Є. (Інститут продовольчих ресурсів НААН). Спосіб регулювання вмісту вологи в кисловершковому маслі та середях. Патент на корисну модель України 72792, Серп, 27, 2012.

Особистий внесок здобувача: узагальнено літературні та власні експериментальні дані щодо технологічних особливостей виготовлення кисловершкового масла, підготовлена патентна заявка.

27. [Єресько, Г.О.](#); [Боднарчук, О.В.](#); [Майборода, Ю.В.](#); [Суховерхий, О.Л.](#) (Інститут продовольчих ресурсів НААН). Спосіб Виробництва Кисловершкового Масла. Патент на корисну модель України 87959, Лют, 25, 2014.

Особистий внесок здобувача: узагальнено літературні та власні експериментальні дані щодо технологічних особливостей кисловершкового масла, підготовлена патентна заявка.

28. **Боднарчук, О.В.**; Кігель, Н.Ф.; Єресько, Г.О. Дослідження Впливу Способу Активізації Бакпрепарату у Виробництві Кисловершкового Масла. *Збірник Наукових Праць Ін-т Прод. Ресурсів НААН України, Продовольчі Ресурси* **2014**, 2, с 59–63.

Особистий внесок: проведено експериментальні дослідження, узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалів до друку.

29. **Боднарчук, О.В.**; Майборода, Ю.В.; Кігель, Н.Ф.; Єресько, Г.О. Деякі Технологічні Аспекти Виробництва Кисловершкового Масла. *Збірник Наукових Праць Ін-т Прод. Ресурсів НААН України, Продовольчі Ресурси* **2014**, 3, с 68–72.

Особистий внесок: проведено експериментальні дослідження, узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалів до друку.

30. Козак, М.В.; Наговська, В.О.; Гачак, Ю.Р.; Сливка, Н.Б.; **Боднарчук, О.В.** *Виробництво Масла та Спредів*, 2-е вид.; ЛНУВМБ імені С.З.Гжицького: Львів, 2015; с 200.

Особистий внесок здобувача: опрацювання літературних джерел, методів досліджень, написанні розділів 2-4, 6, оформленні матеріалів до друку.

31. **Боднарчук, О.В.** Дослідження Властивостей Молочно-жирових Емульсій в Залежності від Дози Стабілізаційної Системи. В *Ресурсо- та Енергоощадні Технології Виробництва та Пакування Харчової Продукції - Основні Засади її Конкурентоздатності*, Матеріали VII Міжнародної Спеціалізованої Науково-Практичної Конференції, Київ, Україна, Вересень 13, 2018; Гавва О.М., Ред.; НУХТ, 2018; с 34.

32. **Боднарчук, О.В.** Вплив Композиційного Складу Заквашувальних Культур для Кисловершкового Спреду на їх Смако-ароматичні Речовини. В *Нові Ідеї в Харчовій Науці – Нові Продукти Харчовій Промисловості*, Матеріали міжнародної наукової конференції, присвяченої 130-річчю Національного університету харчових технологій, Київ, Україна, Жовтень 13-16, 2014, Українець А.І., Ред.; НУХТ, 2014; с 698–699.

33. **Боднарчук, О.В.**; Філь, О.В. Дослідження Впливу Стабілізаторів Структури на Властивості Вершків як Основи для Низькожирних Маслоподібних Продуктів. У *Хімія та Сучасні Технології*, Матеріали Міжнародної Науково-технічної конференції, Дніпро, Україна, Квітень 26-28, 2017, Сухий К.М., Ред.; ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», 2017; с 25.

Особистий внесок здобувача: дослідження впливу стабілізаторів структури на властивості вершків, підготовка матеріалів до друку.

34. Савчук, А.І. **Боднарчук, О.В.**; Король, О.В.; Кігель, Н.Ф. Відбір Культур для Кисловершкового Масла. В *«Біотехнологія XXI століття»*, Матеріали VI Всеукраїнської Науково-практичної Конференції, Київ, Україна, Квітень 5, 2012, Ред.; НТУУ «КПІ», 2012; с 106–107.

Особистий внесок: проведення досліджень з ідентифікації молочнокислих мікроорганізмів, підготовка матеріалів до друку.

35. Савчук, А.І.; Кігель, Н.Ф.; **Боднарчук, О.В.**; Король, О.В. Особливості Функціонування Заквашувальної Мікрофлори під час Біологічного Визрівання Вершків для Виробництва Кисловершкового Масла. *Молодь і поступ біології*, Матеріали VIII Міжнародної наукової конференції студентів та аспірантів, Львів, Україна, квітень 3-6, 2012, Львівський національний університет ім. І.Я.Франка, Львів: 2012, с 146 – 147.

Особистий внесок: проведено експериментальні дослідження, узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалів до друку.

36. Мурашко, Н.О.; **Боднарчук, О.В.** Вплив Закваски на Органолептичні Властивості Кисловершкових Спредів. У *Біотехнологія XXI століття*, Матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої 135-й річниці від дня народження Олександра Флемінга, Київ, Україна, Квітень 22, 2016, Ред.; НТУУ «КПІ», 2016; с 55.

Особистий внесок здобувача: проведення досліджень, підготовка матеріалів до друку.

37. Мурашко, Н.О.; **Боднарчук, О.В.** Дослідження Ароматичних Властивостей Спредів. «*Біотехнологія XXI століття*», В Матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції «Біотехнологія XXI століття», присвяченої 135-й річниці від дня народження Олександра Флемінга, Київ, Україна, Квітень 22, 2016, Ред.; НТУУ «КПІ», 2016; с 56.

Особистий внесок здобувача: проведення досліджень, підготовка матеріалів до друку.

38. Савчук, А.І.; **Боднарчук, О.В.**; Король, Е.В. Подбор Штаммов Лактобактерий для Ипользования в Производстве Кислосливочного Масла. *Актуальные проблемы инфекционной патологии и биотехнологии*, Материалы V Всероссийской студенческой научной конференции, Ульяновск, Россия, Апрель 25-26, 2012, Ред.; Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия, 2012, с 123-126.

Особистий внесок: проведено експериментальні дослідження, узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалів до друку.

39. **Боднарчук, О.В.** Фізіологічні Аспекти Використання Замінників Молочного Жиру у Виробництві Емульсійних Продуктів. В *Наукові Здобутки Молоді – Вирішенню Проблем Харчування Людства у XXI Столітті*, 81 Міжнародна Наукова Конференція Молодих Учених, Аспірантів і Студентів, Київ, Україна, Квітень 23-24, 2015, Українець А.І., Ред.; НУХТ, 2015; с 331–332.

АНОТАЦІЯ

Боднарчук О.В. Наукове обґрунтування та розробка біотехнологій бактеріальних препаратів для ферментованих молочно-жирових продуктів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 03.00.20 – біотехнологія. – Національний технічний університет

України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України, 2019.

Дисертація присвячена науковому обґрунтуванню та розробці біотехнологій бактеріальних препаратів для виробництва ферментованих продуктів маслоробства різної технологічної специфіки.

Експериментально встановлено та науково обґрунтовано склад заквашувальних композицій та на їх основі розроблено бактеріальні препарати прямого внесення для ферментованих молочно-жирових продуктів. Встановлено параметри біотехнології бактеріальних препаратів: склад композиції та спосіб підготовки інокуляту, рецептури поживних середовищ та умови культивування з урахуванням фізіологічних потреб кожного складника для збереження встановленого співвідношення між штамми, склад захисних середовищ для консервування біомаси і забезпечення високих показників реактивації та розчинності. Опрацьовані технологічні етапи дозволили отримати не менше $7,4 \cdot 10^{10}$ клітин в 1 г бактеріальних препаратів.

Визначено дози, способи активізації та використання бактеріальних препаратів для ферментування різних молочно-жирових систем (молочного та комбінованого складу) для отримання кисловершкового масла, кисловершкових спредів та кисловершкових паст.

Встановлено, що основним фактором регулювання ароматоутворення та якості кисловершкового масла, виготовленого методом збивання, є кислотність сквашених вершків. Процес ароматоутворення у виробництві кисловершкового масла та кисловершкових спредів, вироблених методом перетворення ВЖВ, а також жирової суміші можна регулювати дозою закваски.

Визначено закономірності функціонування заквашувальної мікрофлори, а також пов'язані з нею фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні показники під час зберігання кисловершкового масла, кисловершкових спредів та кисловершкових паст, виготовлених за різних способів ферментування.

Ключові слова: *молочно- та пропіоновокислі бактерії, бактеріальний препарат, закваски, технологія ферментованих молочно-жирових продуктів маслоробства, кисловершкове масло, кисловершкові спреди, кисловершкові пасту.*

АННОТАЦИЯ

Боднарчук О.В. Научное обоснование и разработка биотехнологий бактериальных препаратов для ферментированных молочно-жировых продуктов. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертационная работа на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 03.00.20 – биотехнология. – Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» МОН Украины, 2019.

Диссертационная работа посвящена научному обоснованию и разработке биотехнологий бактериальных препаратов для производства ферментированных продуктов маслodelия разной технологической специфики.

Экспериментально установлено и научно обоснован состав заквасочных композиций, на основе которых разработаны бактериальные препараты прямого

внесения для ферментированных молочно-жировых продуктов. Установлены параметры биотехнологии бактериальных препаратов: состав композиций и способы подготовки инокулята, рецептуры питательных сред и условия культивирования с учетом физиологических потребностей каждого компонента для сохранения установленного соотношения между штаммами, состав защитных сред для консервирования биомассы, который гарантирует выживание не менее 96,5 % клеток и обеспечение высоких показателей реактивации и растворимости. Разработанные технологические этапы позволили получить не менее $7,4 \cdot 10^{10}$ клеток в 1 г бактериальных препаратов.

Определены дозы, способы активизации и использования бактериальных препаратов для ферментации различных молочно-жировых систем (молочного и комбинированного состава) для получения кисломолочного масла, кисломолочных спредов и кисломолочных паст.

Установлено, что основным фактором регулирования ароматообразования и качества кисломолочного масла, изготовленного методом сбивания, является кислотность сквашенных сливок. Процесс ароматообразования в производстве кисломолочного масла и кисломолочных спредов, изготовленных методом преобразования ВЖВ и жировой смеси, можно регулировать дозой закваски.

Изучены закономерности функционирования заквасочной микрофлоры, а также связанные с ней физико-химические, биохимические и микробиологические показатели при хранении кисломолочного масла, кисломолочных спредов и кисломолочных паст, изготовленных различными способами ферментации.

Ключевые слова: молочно- и пропионовокислые бактерии, бактериальный препарат, закваски, технология ферментированных молочно-жировых продуктов маслоделия, кисломолочное масло, кисломолочные спреды, кисломолочные пасты.

ANNOTATION

Bodnarchuk Oksana Vasylivna. Research and development of biotechnology of bacterial preparations for fermented milk-fat products. – Qualification scientific work, manuscript rights.

The dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences, specialty 03.00.20 – Biotechnology. – National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kiev, 2019. The work was done at the Institute of Food Resources of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine.

The dissertation deals with the scientific substantiation and development of biotechnology of bacterial preparations for variety of fermented products of butter making of various technological specifics.

The composition of the starter compositions has been experimentally established and scientifically substantiated, on the basis of which direct application bacterial preparations were developed for fermented milk-fat products. The biotechnology parameters of bacterial preparations were established: the contents of the compositions and methods for preparing the inoculum, the formulation of the nutrient media and the culture conditions taking into account the physiological needs of each component to maintain the established ratio between the strains, the composition of the protective media for

preserving biomass, which guarantees the survival of at least 96.5% of the cells and ensuring high rates of reactivation and solubility. The developed technological steps made it possible to obtain at least $7,4 \cdot 10^{10}$ cells in 1 g of bacterial preparations.

Shelf life duration of bacterial preparations at relative humidity 85 % and temperature $-(18-20) ^\circ\text{C}$ was determined to be 12 months, at $-(2-6) ^\circ\text{C}$ – 6 months, the fraction of the lost cells having not exceeded 5,5 % and 3,6-4,0 % for the said periods correspondingly.

Doses, methods of activating and using bacterial preparations for the fermentation of various milk-fat systems (milk and combined composition) to produce sour cream butter, sour cream spreads and sour cream pastes are determined.

According to the seasonal specifics of the chemical composition of milk fat, the parameters of cream fermentation are established with the participation of KVM-S1 for the production of butter cream by the method of whipping. In particular, three-stage cream maturation regimes were selected for the raw materials of the spring-summer period of the year: $21 ^\circ\text{C}$ (6 hours) – $13 ^\circ\text{C}$ (4 hours) – $8 ^\circ\text{C}$ (8-14 hours), and for the raw materials of the autumn-winter period: $8 ^\circ\text{C}$ (2 hours) – $21 ^\circ\text{C}$ (7 hours) – 13°C (10-14 hours). The regularities of the development and functioning of bacterial preparations in cream with stepwise maturation regimes and their influence on the physical, chemical and biochemical properties of cream in the production of sour cream butter by the method of churning according to classical technology are studied.

It has been established that the main factor in regulating the aroma formation and the quality of sour cream butter made by whipping is the acidity of the fermented cream. The process of aroma formation in the production of sour cream butter and sour cream spreads made by the method of converting high fat cream and fat mixture can be controlled by the dose of starter.

Data were obtained on the use of starter compositions of different bacterial composition in various sour milk butter technologies, their influence on the characteristics of the formation of flavoring substances during production and product storage. It was found that the starter composition with the mesophilic composition of microflora is adapted to the technological modes of preparing cream for whipping and provides a pronounced sour-milk taste and aroma of sour cream butter produced by whipping. Polyspecies starter composition due to the involvement of both mesophilic lactococci and thermophilic streptococci *S. thermophilus*, lactobacilli of the species *L. bulgaricus* is more effective for flavoring sour butter at the stage of formation of the product structure produced by the conversion of high-fat cream. This combination of cultures provides the necessary level of plasma acidity and enriches the product with a high content of flavoring substances (diacetyl, volatile organic acids, lactones, aldehydes and ethers).

Conceptually new sour cream butter production technology was developed according to the HFC conversion method by means of inoculating a starter to the conversion zone the said starter being prepared from KVM-P bacterial preparation – destabilizer of fat emulsion. Where its mixing with HFC occurs. Thus, a uniform distribution of the starter culture in the product is ensured, a reduction in the technological process is achieved, and the need for further disposal of the oiler is eliminated.

It has been established that the aromatization of KVM at the stage of structure formation should be carried out with a starter of acidity in an amount of 3,5-5,0 %, which

enriches with diacetyl 1,6-1,8 times and volatile organic acids 1,3-1,7 times more compared to sweet cream butter.

It was found that during crystallization of the fat bases of spreads made with the selected milk fat substitute “Sania Z 200” and milk fat in the ratios 50:50 and 25:75, the solids content of the fat mixtures at a temperature of 16-24 °C corresponded to the average value of milk fat and can guarantee a high-quality consistency .

Due to the combination of aroma-forming and acid-producing lactic acid bacteria with the properties necessary for butter-making - the synthesis of flavoring substances and high energy of acid formation - high taste indices of the target products are provided.

The regularities of the functioning of bacterial preparations in the production of fermented butter products (sour cream, sour cream spreads, sour cream pastes) were studied and their role in the formation of the basic microbiological, physical, chemical and biochemical characteristics of the finished products and during their storage was evaluated.

It has been established that the developed bacterial preparations provide proper sensorial characteristics of fermented butter-making products and the stability of quality indicators throughout the entire shelf life under certain temperature conditions in accordance with standardized norms. The antagonistic properties of starter culture microorganisms and their ability to produce the main metabolite of lactic acid, which acts as a preservative, were fully manifested during the storage of all fermented milk-fat products. At the end of the expiration date, the abundance of all representatives of extraneous microflora, which are an indicator of microbiological quality and safety, was lower in sour cream, sour cream spreads and pastes than in sweet cream.

Keywords: *lactic and propionic acid bacteria, bacterial preparation, starter cultures, technologies of fermented milk-fat products of creamery, sour cream, sour cream spreads, sour cream pastes.*